

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCION DE BANDAS  
ANTIDESLIZANTES EN LA EMPRESA SODECOL LTDA.

JHOFFER DANIEL CAMACHO VILLAMIL  
RONALD ARNOVI MOLANO ARIZA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2011

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCION DE BANDAS  
ANTIDESLIZANTES EN LA EMPRESA SODECOL LTDA.

JHOFFER DANIEL CAMACHO VILLAMIL  
RONALD ARNOVI MOLANO ARIZA

Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Director  
ISNARDO GONZALEZ  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2011

## DEDICATORIA

A Dios  
Padre y dueño  
A mis padres  
Por su apoyo incondicional  
A mi hija  
Por su paciencia y madurez a pesar de su corta edad  
A mis hermanos  
Por su compañía y apoyo  
A mi amada  
Por su ejemplo y dinamismo  
A gorilón  
Por impregnarme de su alegría  
A mis familiares y amigos

Jhoffer

## DEDICATORIA

A Dios  
por darme salud y guiarme correctamente en el andar por este mundo.

A mis padres  
por su comprensión, esmero y apoyo incondicional que dentro de todas sus  
preocupaciones me dieron la posibilidad de brillar.

A mis hermanas  
por su comprensión y confianza.

A Paolita mi novia  
quien con su paciencia, comprensión y amor ha estado en los momentos difíciles y  
alegres acompañándome.

A mis familiares y amigos.

Ronald

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amistades.

A Isnardo González Jaimes, ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A todos los profesores, compañeros y amigos quienes contribuyeron a nuestro desarrollo personal.

A aquellas personas que de una u otra manera nos acompañaron en el transcurso del desarrollo de este proyecto.

Jhoffer Daniel Camacho Villamil

Ronald Arnovi Molano Ariza

## CONTENIDO

	<b>Pagina</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>25</b>
<b>1. GENERALIDADES SOBRE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL .....</b>	<b>26</b>
<b>1.1. LA EMPRESA SODECOL.....</b>	<b>27</b>
1.1.1. Misión.....	28
1.1.2. Visión.....	28
<b>1.2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....</b>	<b>28</b>
<b>1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....</b>	<b>29</b>
1.3.1. Objetivo general.....	29
1.3.2. Objetivos específicos .....	29
<b>1.4. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE BANDAS</b>	
<b>ANTIDESLIZANTES ACTUAL .....</b>	<b>30</b>
1.4.1. Elemento de molienda.....	30
1.4.2. Elemento de remoción de material.....	31
1.4.3. Elemento tamizador .....	32
<b>2. DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE BANDAS</b>	
<b>ANTIDESLIZANTES.....</b>	<b>33</b>
<b>2.1. DESPLIEGUE DE LA FUNCION CALIDAD.....</b>	<b>33</b>
2.1.1. Voz del consumidor.....	33
2.1.2. Organización de requerimientos.....	33
2.1.3. Matriz de calidad .....	35
2.1.4. Ponderación de resultados para la selección de la solución .....	37
<b>2.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARTICULARES.....</b>	<b>37</b>
2.2.1. Soluciones para subsistema de molienda .....	38
2.2.1.1 Alternativa 1: Molino de martillos .....	38
2.2.1.2 Alternativa 2: Molino de Bolas o cilindros .....	39
2.2.1.3 Alternativa 3: Molino de chorro de aire .....	40

2.2.1.4 Alternativa 4: Triturador de Mandíbula.....	41
2.2.2. Soluciones para subsistema tamizador .....	43
2.2.2.1 Alternativa 1: Tamizadora por Nutación o Cabeceo.....	43
2.2.2.2 Alternativa 2: Tamizadora por Chorro de Aire.....	44
2.2.2.3 Alternativa 3: Tamizador Rotativo Centrifugo .....	45
2.2.2.4 Alternativa 4: Tamizadora Circular Vibratoria .....	46
2.2.3. Soluciones para proceso de remoción de material.....	49
2.2.3.1 Alternativa 1: Sodablasting .....	49
2.2.3.2 Alternativa 2: Pulidora de Pisos .....	51
2.2.3.3 Alternativa 3: Sandblasting Portátil .....	52
<b>2.3. DESCRIPCION DE PROPUESTA SOLUCION .....</b>	<b>54</b>
2.3.1. Solución de subsistema de molienda .....	54
2.3.2. Solución de subsistema de remoción de material .....	55
2.3.3. Solución de subsistema tamizador .....	56
<b>3. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE BANDAS ANTIDESLIZANTES .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1. MOLINO DE BOLAS .....</b>	<b>57</b>
3.1.1. Dimensionamiento primario del molino a partir de la carga.....	57
3.1.2. Análisis de tipo de carga .....	60
3.1.3. Diseño del cilindro .....	63
3.1.3.1 Análisis estático .....	63
3.1.3.2 Análisis resistivo .....	65
3.1.3.3 Análisis de fatiga.....	69
3.1.4. Calculo de potencia del sistema.....	76
3.1.5. Diseño del eje.....	83
3.1.5.1 Análisis estático .....	83
3.1.5.2 Análisis resistivo .....	84
3.1.5.3 Análisis de fatiga.....	89
3.1.6. Diseño y selección de cuñeros.....	93

3.1.7. Diseño y selección de la transmisión .....	96
3.1.8. Diseño de uniones soldadas .....	104
3.1.9. Análisis estático de la tapa brida .....	109
3.1.10. Análisis estático del soporte.....	110
<b>3.2. EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL .....</b>	<b>113</b>
3.2.1. Documentación basada en equipos similares .....	113
3.2.2. Identificación de Subsistemas .....	119
3.2.2.1 Subsistema de Soporte.....	119
3.2.2.2 Subsistema de Apoyo para mototool .....	121
3.2.3. Diseño del subsistema de Soporte .....	123
3.2.4. Diseño del subsistema de apoyo para mototool.....	129
3.2.5. Simulación en Solidworks.....	134
<b>3.3. SELECCIÓN DEL EQUIPO TAMIZADOR.....</b>	<b>143</b>
3.3.1. Tamiz.....	143
3.3.2. Tamaño de grano deseado .....	144
3.3.3. Parámetros de selección del tamiz.....	147
3.3.4. Agitadora de tamices analítico digital AS200 CONTROL .....	148
3.3.4.1 Características generales de la Agitadora de Tamices AS 200 CONTROL .....	149
3.3.4.2 Características generales de la agitadora de tamices AS200 CONTROL	150
3.3.4.3 Especificaciones técnicas .....	151
3.3.4.4 Ventajas de tamices RETSCH.....	153
3.3.5. Relación de Precios de la Agitadora AS 200 Control .....	154
<b>4. CONSTRUCCION, PRUEBAS Y PRESUPUESTO DE MOLINO DE BOLAS</b>	<b>155</b>
<b>4.1. MATERIALES Y COSTO DE MOLINO DE BOLAS .....</b>	<b>156</b>
<b>4.2. ESTRUCTURA MOLINO DE BOLAS .....</b>	<b>157</b>
<b>4.3. SISTEMA DE TRANSMISION DE POTENCIA.....</b>	<b>158</b>
<b>4.4. SISTEMA CAMARA DE MOLIENDA .....</b>	<b>159</b>

<b>4.5. OTROS ELEMENTOS DEL MOLINO DE BOLAS .....</b>	<b>160</b>
<b>4.6. MOLINO DE BOLAS .....</b>	<b>162</b>
<b>4.7. PRESUPUESTO MOLINO DE BOLAS .....</b>	<b>162</b>
<b>4.8. PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>163</b>
4.8.1. Compendio de Resultados .....	165
4.8.2. Caracterización Grafica de Resultados .....	166
4.8.2.1. Análisis de Datos de Material útil en función de Carga de Cuerpos Moledores .....	166
4.8.2.2. Análisis de Datos de Material útil en función de Tiempo de Molienda ....	168
4.8.3. Reconocimiento Matemático de Resultados .....	169
4.8.3.1 Reconocimiento Matemático de Datos de Material útil en función de Carga de Cuerpos Moledores.....	170
4.8.3.2. Reconocimiento Matemático de Datos de Material útil en función de Tiempo de Molienda .....	171
<b>5. MANTENIMIENTO, INSTRUCTIVO DE OPERACIONES Y MONTAJE DE EQUIPOS .....</b>	<b>174</b>
<b>5.1. MOLINO DE BOLAS .....</b>	<b>174</b>
5.1.1. Montaje del molino de bolas.....	174
5.1.2. Instructivo de operaciones de molino de bolas.....	174
5.1.2.1 Arranque .....	174
5.1.2.2 Operación .....	175
5.1.2.3 Parada .....	175
5.1.3. Problemas, causas y soluciones en el molino de bolas .....	175
5.1.4. Mantenimiento de Molino de bolas.....	177
<b>5.2. EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL .....</b>	<b>178</b>
5.2.1. Montaje de equipo de remoción de material.....	178
5.2.2. Instructivo de operaciones para equipo de remoción de material .....	178
5.2.3. Mantenimiento de equipo de remoción de material.....	179

<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>180</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>182</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>185</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de calidad.....	36
Tabla 2. Ponderación de alternativas para subsistema de molienda .....	42
Tabla 3. Ponderación de Alternativas para Subsistema de Tamizado .....	49
Tabla 4. Ponderación de alternativas para subsistema de remoción de material ..	53
Tabla 5. Dimensionamiento del molino de bolas .....	60
Tabla 6. Análisis del Tipo de Carga en el Cilindro .....	63
Tabla 7. Cálculo de Espesor del cilindro .....	68
Tabla 8. Calculo de Potencia Requerida.....	82
Tabla 9. Tamaño de la cuña en función del diámetro del eje.....	93
Tabla 10. Cálculo de Cuñas.....	95
Tabla 11. Capacidades en caballos de fuerza-Cadena simple de rodillos número 40.....	97
Tabla 12. Tamaño de cadenas de rodillos .....	102
Tabla 13. Cálculo de transmisión por cadena .....	103
Tabla 14. Esfuerzos cortantes y fuerzas sobre soldaduras .....	104
Tabla 15. Tamaños mínimos de soldadura según el espesor de la placa .....	107
Tabla 16. Cálculo de Uniones Soldadas .....	108
Tabla 17. Q. F. D. del subsistema de soporte.....	124
Tabla 18. Subsistema de apoyo para mototool.....	130
Tabla 19. Tamices según norma ASTM E .....	145
Tabla 20. Resultados de tamizaje de molienda de 10 minutos .....	147
Tabla 21. Precio de la agitadora AS 200 Control.....	154
Tabla 22. Materiales, mano de obra y costo cada item del molino de bolas .....	156
Tabla 23. Presupuesto de la construcción molino de bolas .....	163
Tabla 24. Prueba de funcionamiento molino de bolas .....	164
Tabla 25. Análisis de resultados pruebas molino de bolas .....	165
Tabla 26. Cantidades de Material Útil según diferente carga de Bolas.....	166
Tabla 27. Cantidades de Material Útil según diferente Tiempo de Molienda .....	168

Tabla 28. Problemas, causas y soluciones en el molino de bolas .....	175
Tabla 29. Cronograma de actividades de mantenimiento preventivo para molino de bolas .....	177
Tabla 30. Cronograma de actividades de mantenimiento preventivo para equipo de remoción de material. ....	179

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalaciones Sodecol Ltda. ....	27
Figura 2. Proceso actual de obtención de granito.....	30
Figura 3. Proceso manual de remoción de esmalte.....	31
Figura 4. Tamizador utilizado actualmente .....	32
Figura 5. Organización de requerimientos .....	34
Figura 6. Ponderación de resultados .....	37
Figura 7. Rotor de un molino de martillos .....	38
Figura 8. Trituración en un molino de martillos .....	39
Figura 9. Molino de bolas o cilindros.....	40
Figura 10. Molino de chorro de aire .....	41
Figura 11. Triturador de mandíbula.....	41
Figura 12. Tamizador por nutación .....	44
Figura 13. Tamizadora por chorro de aire.....	44
Figura 14. Tamizadora rotativa centrífuga .....	46
Figura 15. Patrón de movimiento de las partículas en función del ángulo de los contrapesos .....	47
Figura 16. Diagrama constructivo de una tamizadora circular vibratoria .....	48
Figura 17. Esquema de Equipo de Sodablasting .....	50
Figura 18. Disposición de abrasivos en pulidora de pisos .....	51
Figura 19. Máquina pulidora de pisos .....	51
Figura 20. Equipo portátil de sandblasting.....	52
Figura 21. Molino de bolas diseñado .....	54
Figura 22. Equipo de remoción de material diseñado.....	55
Figura 23. Tamizador AS-Restch.....	56
Figura 24. Diferencial de volumen del cilindro .....	61
Figura 25. Sujeciones y carga aplicadas al cilindro .....	64
Figura 26. Factor de Seguridad en Análisis Estático del Cilindro.....	65

Figura 27. Viga empotrada con carga uniformemente distribuida .....	66
Figura 28. Diagrama lógico para visualizar los métodos de análisis de diseño .....	69
Figura 29. Nomenclatura círculo de Mohr .....	72
Figura 30. Círculo de Mohr para esfuerzos medios .....	73
Figura 31. Círculo de Mohr para esfuerzos alternantes .....	74
Figura 32. Diagrama resistencia a la tensión y a la fatiga A - 36 .....	75
Figura 33. Eje sometido a sujeciones y carga para Análisis Estático .....	83
Figura 34. Factor de seguridad de eje .....	84
Figura 35. Diagrama fuerzas en eje plano X-Z .....	85
Figura 36. Diagrama de cortante plano X-Z.....	86
Figura 37. Diagrama de momentos plano X-Z .....	86
Figura 38. Diagrama de cortante plano X-Y.....	87
Figura 39. Diagrama de momentos plano X-Y .....	88
Figura 40. Resistencia a la fatiga $S_n$ en función de la resistencia a la tensión, para aceros forjados con varias condiciones de superficies .....	90
Figura 41. Factor de confiabilidad.....	91
Figura 42. Factor de tamaño.....	91
Figura 43. Cuña cuadrada .....	94
Figura 44. Nomenclatura transmisión .....	101
Figura 45. Ilustración de Soldadura .....	104
Figura 46. Tipos de carga a los cuales se somete la soldadura .....	105
Figura 47. Sujeciones y carga a la que se encuentra sometida la tapa brida .....	109
Figura 48. Factor de seguridad para la tapa brida .....	110
Figura 49. Fuerzas aplicadas a la estructura de la máquina para análisis estático .....	111
Figura 50. Factor de seguridad obtenido en el soporte del molino .....	112
Figura 51. Ruteadora DeWalt .....	114
Figura 52. Ruteadora Dremel 335.....	114
Figura 53. Sistema de Ajuste de Altura en Ruteador Dremel 330.....	115
Figura 54. Cortador de Círculos y Guía de Bordes Rectos Dremel .....	116

Figura 55. Sistema de ajuste de Altura .....	116
Figura 56. Método de uso para Guía de Borde Recto Dremel .....	117
Figura 57. Cortafrío del Corta Baldosas.....	118
Figura 58. Palanca Separadora en Corta Baldosas.....	118
Figura 59. Sistema de Guía en Corta Baldosas.....	119
Figura 60. Idea 1 de subsistema de soporte en Brainstorming .....	119
Figura 61. Idea 2 de subsistema de soporte en Brainstorming.....	120
Figura 62. Idea 3 de subsistema de soporte en Brainstorming.....	120
Figura 63. Idea 4 de subsistema de soporte en Brainstorming.....	120
Figura 64. Idea 5 de subsistema de soporte en Brainstorming.....	121
Figura 65. Idea 6 de subsistema de soporte en Brainstorming.....	121
Figura 66. Idea 1 de subsistema de apoyo en Brainstorming .....	122
Figura 67. Idea 2 de subsistema de apoyo en Brainstorming .....	122
Figura 68. Idea 3 de subsistema de apoyo en Brainstorming .....	122
Figura 69. Idea 4 de subsistema de apoyo en Brainstorming .....	123
Figura 70. Idea 5 de subsistema de apoyo en Brainstorming .....	123
Figura 71. Patas cortas que permiten el desplazamiento vertical.....	125
Figura 72. Sección transversal de guía de patas cortas con rosca y prisionero ..	125
Figura 73. Vigas que permiten el desplazamiento horizontal.....	126
Figura 74. Sección transversal de guía para vigas con rosca y prisionero .....	126
Figura 75. Platinas horizontales.....	127
Figura 76. Tapa de platinas Horizontales .....	127
Figura 77. Platinas verticales .....	128
Figura 78. Travesaños .....	128
Figura 79. Chupas .....	129
Figura 80. Ensamble del soporte de equipo de remoción de material .....	129
Figura 81. Guías para soporte de mototool .....	131
Figura 82. Riel de soporte para mototool.....	131
Figura 83. Ajuste telescópico para mototool.....	132
Figura 84. Ensamble de soporte para mototool .....	132

Figura 85. Ensamble Total del Equipo de Remoción de Material .....	133
Figura 86. Conjunto de Equipo de Remoción de Material sometido a carga y sujeción.....	134
Figura 87. Diagrama de deformaciones unitarias en Equipo de Remoción de Material .....	135
Figura 88. Diagrama de desplazamientos en Equipo de Remoción de Material..	136
Figura 89. Diagrama de Factor de Seguridad en Equipo de Remoción de Material .....	137
Figura 90. Diagrama de Tensiones en Equipo de Remoción de Material .....	138
Figura 91. Diagrama de deformaciones unitarias en Equipo de Remoción de Material ubicando la araña de soporte para mototool en un extremo de las guías .....	139
Figura 92. Diagrama de desplazamientos en Equipo de Remoción de Material ubicando la araña de soporte para mototool en un extremo de las guías.....	140
Figura 93. Diagrama de Factor de Seguridad en Equipo de Remoción de Material ubicando la araña de soporte para mototool en un extremo de las guías.....	141
Figura 94. Diagrama de Tensiones en Equipo de Remoción de Material ubicando la araña de soporte para mototool en un extremo de las guías .....	142
Figura 95. Representación de las partes de un tamiz.....	143
Figura 96. Muestras de diferentes tamaños.....	144
Figura 97. Agitadora de Tamices AS 200 CONTROL.....	149
Figura 98. Guía de Tamizadoras Vibratorias RETSCH.....	151
Figura 99. Tamiz.....	152
Figura 100. Tamiz analítico RETSCH (características).....	153
Figura 101. Empresa DRIMCOL E. U. ....	155
Figura 102. Soporte .....	158
Figura 103. Transmisión de potencia.....	158
Figura 104. Cámara de molienda.....	159
Figura 105. Tolva .....	160
Figura 106. Rodamiento con soporte.....	161

Figura 107. Guarda cadena .....	161
Figura 108. Molino de bolas.....	162
Figura 109. Pruebas .....	164
Figura 110. Resultados.....	165
Figura 111. Interpretación Grafica de Material Útil según carga de Cuerpos Moledores .....	167
Figura 112. Interpretación Grafica de Material Útil según carga Tiempo de Molienda .....	169
Figura 113. Grafica de Regresiones Polinómicas obtenidas a partir del Material Útil en función de Carga de Cuerpos Moledores .....	170
Figura 114. Grafica de Regresiones Polinómicas obtenidas a partir del Material Útil en función de Tiempo de Molienda .....	172

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Tabla de Propiedades de materiales ferrosos	186
ANEXO B. Tabla de Propiedades Químicas y Mecánicas de aceros	187
ANEXO C. Selección de las catarinas	188
ANEXO D. Selección de rodamientos	189
ANEXO E. Selección del motorreductor	192
ANEXO F. Catalogo de Mototool BOSCH	193
ANEXO G. Planos	200

## RESUMEN

### TITULO:

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE PRODUCCION DE BANDAS ANTIDESLIZANTES EN LA EMPRESA SODECOL LTDA.**

### AUTORES:

Jhoffer Daniel Camacho Villamil  
Ronald Arnovi Molano Ariza\*\*

### PALABRAS CLAVES:

Diseño y Construcción, Bandas Antideslizantes, Molino de Bolas, Equipo de Remoción de Material y Tamizador.

### DESCRIPCION:

El objetivo de este proyecto es diseñar y construir un sistema de producción que ayude a generar la materia prima de bandas antideslizantes y contribuya en el proceso de fundición de la misma y así mejorar el nivel de seguridad industrial en instalaciones de alto tránsito peatonal.

El sistema de producción consta de tres subsistemas básicos, el primero es el de reducción de tamaño de grano para el cual se diseño y construyo un molino de bolas de acuerdo a las necesidades específicas de la empresa. El segundo subsistema nos ayuda a separar los diferentes productos obtenidos del proceso de molienda mediante el uso de un tamizador con cuatros mallas establecidas según directrices de sodecol Ltda. El tercer subsistema se enfoca en ser un apoyo en el proceso de instalación, lo hace mediante un equipo único que satisface la necesidad de remover el esmalte e irregularidades de la zona en la cual se fundirá la banda.

El proceso de diseño se realizo bajo normas estándar internacionales, se resumió en cuadros explicativos de fácil manejo y se comprobó con la herramienta CAD de Solidworks 2010 en su entorno Simulation.

La construcción se hizo con manufactura local de alta calidad, obteniendo un equipo balanceado, de alta eficiencia, con muy bajo nivel de vibraciones, de fácil intercambio de piezas. Se elaboraron planes de montaje, operación y mantenimiento para los equipos diseñados, de manera que se mantenga un alto estándar de calidad, de acuerdo a los lineamientos de certificación seguidos por sodecol ltda.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Isnardo González Jaimes

## SUMMARY

### TITLE:

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PRODUCTION SYSTEM OF SLIP BANDS IN THE COMPANY SODECOL LTDA. \***

### AUTHORS:

Jhoffer Daniel Camacho Villamil  
Ronald Arnovi Molano Ariza \*\*

### KEY WORDS:

Design and Construction, Slip Bands, Ball Mill, Material Removal Equipment and screening.

### DESCRIPTION:

The objective of this project is to design and build a production system to help generate the raw material of slip bands and help in the process of casting the same and thus improve the level of industrial safety in high pedestrian facilities.

The production system consists of three basic subsystems, the first is the reduction of grain size for which design and build a ball mill according to the specific needs of the company. The second subsystem helps us to separate the different products obtained from the milling process using a sieve with four mesh guidelines established by sodecol Ltda. The third subsystem is focused on being a support in the installation process, it does so through a unique equipment that meets the need to remove the enamel and irregularities in the zone where the band will melt.

The design process was carried out under standard international rules, explanatory tables was summarized in easy to use and was checked with the Solidworks CAD tool 2010 in the Simulation Environment.

It was built with local manufacture of high quality, achieving a balanced team, high efficiency, very low vibration level, easy exchange of parts. Plans were made for assembly, operation and maintenance for equipment designed so as to maintain a high standard of quality, according to certification guidelines followed by sodecol Ltda.

---

\* Degree Work

\*\* Physical-Mechanical Engineered Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Isnardo González Jaimes

## INTRODUCCION

Las Bandas Antideslizantes son de uso obligatorio en los países industrializados y se consideran parte integral en el diseño de sistemas de evacuaciones. Se ha comprobado su larga durabilidad a través del tiempo en zonas de alta circulación. Son elaboradas a base de cuarzo y resinas epóxicas para su adherencia a la superficie.

Este material ha sido diseñado para evitar accidentes en zonas de trabajo o de alto tráfico, logrando, gracias a su contextura, servirle a las personas como punto de apoyo al suelo, previniendo resbalones y caídas.

En la búsqueda de brindar una mejor calidad de vida evitando accidentes la empresa Sodecol Ltda. ha desarrollado la fabricación de bandas antideslizantes fundidas y buscando mejorar su sistema de producción han solicitado la vinculación de la escuela de Ingeniería Mecánica bajo la modalidad de proyecto de grado con el fin de diseñar y construir un sistema completo de manufactura que involucre todos los procesos y les permita autonomía, eficiencia y mayor disponibilidad.

En el desarrollo de esta estructura productiva utilizamos todos nuestros conocimientos de diseño, adaptados a las necesidades específicas de la empresa y potencializados con el uso de herramientas tecnológicas como Excel, Word, Solidworks, MDesign, entre otras.

## 1. GENERALIDADES SOBRE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

La Seguridad Industrial anticipa, reconoce, evalúa y controla factores de riesgo que pueden ocasionar accidentes de trabajo en industrias. Es un conjunto de técnicas multidisciplinarias que se encarga de identificar el riesgo, determinar su significado, evaluar las medidas correctivas disponibles y la selección del control óptimo.

La seguridad industrial se enfoca principalmente en la protección ocular y en la protección de las extremidades, ya que 25% de los accidentes ocurren en las manos, y el 90% de los accidentes ocurren por no traer consigo los elementos de seguridad pertinentes para realizar la actividad asignada. La seguridad industrial lleva ciertos procesos de seguridad con los cuales se pretende motivar al operador a valorar su vida, y protegerse a sí mismo, evitando accidentes relacionados principalmente a descuidos, o cuando el operador no está plenamente concentrado en su labor. Éste es uno de los principales motivos, ya que el 94% de los accidentados mencionan que no se dieron cuenta del peligro de sufrir el accidente hasta que ya era demasiado tarde.

Si el accidente como resultado obedece a ciertos elementos dentro de un sistema de determinada estructura, el primer paso en la investigación, consiste en el estudio del accidente y sus consecuencias. Para dar una idea bastante clara de la gran trascendencia del problema de la Seguridad Industrial, se pueden presentar los siguientes aspectos relacionados con los accidentes industriales.

- Pérdida de salarios
- Gastos médicos
- Costos de seguros

## 1.1. LA EMPRESA SODECOL

La ORGANIZACIÓN SODECOL LTDA, Soluciones Ocupacionales de Colombia, es una empresa de carácter privado, integrada por profesionales interdisciplinarios especialistas en salud ocupacional. Fundada hace doce 12 años en la ciudad de Bucaramanga (Colombia), **CERTIFICADA CON LA NORMA NTC-ISO 9001:2008**, en Prestación de Servicios y desarrollo de sistemas integrales de promoción y prevención en Salud Ocupacional, Seguridad Industrial, Señalización y Antideslizantes, Capacitación y Entrenamiento para Trabajo Seguro en Alturas, participando activamente en el mejoramiento de las condiciones de vida de los trabajadores y de la comunidad en general.

La **ORGANIZACIÓN SODECOL LTDA**, está legalmente constituida bajo matrícula mercantil no. 05-072130-03 expedida el 12 de enero de 1999 por la cámara de comercio de Bucaramanga (Colombia). Legalmente autorizada y habilitada para la prestación de sus servicios a través de licencia de prestación de servicios en salud ocupacional, mediante resolución No. 00742 del 23 de marzo de 1999, la cual fue renovada mediante Resolución No. 00917 del 03 de Febrero de 2009.

Figura 1. Instalaciones Sodecol Ltda.



Fuente: [www.sodecol.com](http://www.sodecol.com)

### **1.1.1. Misión**

Ofrecer soluciones integrales en salud ocupacional, seguridad industrial y medio ambiente a través de productos y servicios especializados en estas disciplinas, generando impacto productivo y competitivo en las empresas.

### **1.1.2. Visión**

Ser líder a nivel regional, expandir operaciones en las principales ciudades de Colombia y representación en otros países de Latinoamérica logrando reconocimiento por investigación, innovación y desarrollo de productos y servicios que contribuyen a reducir la exposición a los riesgos laborales.

## **1.2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO**

La Organización Sodecol Ltda. ha sido pionera en la producción de bandas antideslizantes fundidas en la región nororiente del país, han desarrollado un proceso de producción en el cual adquieren el triturado fino de diferentes proveedores, pero no existe una demanda constante ni un control de calidad riguroso del producto.

Al implementar el sistema de producción tendrán autonomía para abastecerse, en cantidad, tamaño, calidad y tipo de material. También podrán decidir sobre sus propios tiempos de producción, mejorarlos e incluso prestar el servicio de molienda y/o tamizaje. De igual manera pueden crear un portafolio de productos molidos y seleccionados de cualquier clase y tamaño.

### **1.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Cumplir con el compromiso de la Universidad Industrial de Santander como foco de desarrollo y evolución, contribuyendo para fortalecer la certificación de calidad de la Organización Sodecol Ltda. al diseñar y construir un sistema tecnificado para la producción de bandas antideslizantes.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un sistema tecnificado integral para la producción de bandas antideslizantes que consta de los siguientes subsistemas:
  - △ Diseño y construcción de un molino de bolas para la reducción de tamaño de piedras de mármol y cuarzo, de dureza 3 y 7 en la escala MOHS, de diámetro aproximado de una pulgada hasta un tamaño 50 – 60 según escala internacional MESH, con una capacidad de producción de 12.5 kg/día.
  - △ Diseño de un equipo de remoción de capa superficial de recubrimiento de los pisos, con capacidad de desbaste lineal de aproximadamente un metro.
  - △ Selección de un sistema de tamizaje que conste de 3 o más tamices de medidas aproximadas de 70, 60, 50 y 45 según escala MESH.

- Crear un plan de mantenimiento preventivo para los equipos desarrollados.
- Implementar un Instructivo de Operaciones y Montaje para evitar accidentes y facilitar el uso para los operarios.

## **1.4. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE BANDAS ANTIDESLIZANTES ACTUAL**

### **1.4.1. Elemento de molienda**

En este elemento del sistema se realiza un proceso de reducción de tamaño de granito o cuarzo mediante un molino de bolas inicialmente, del cual se obtiene un acabado grueso o semifino; posteriormente de ser necesario se realiza una segunda molienda en un molino de tornillo y así obtener un acabado fino.

Figura 2. Proceso actual de obtención de granito



Fuente: Los autores.

### 1.4.2. Elemento de remoción de material

El proceso de remoción de material se desarrolla en el sitio de instalación de la banda antideslizante, sobre la superficie a tratar, en la actualidad se emplea un mototool con una aplicación de piedra desbastadora cónica, y su objetivo es desprender la capa de esmalte protectora de la piedra de la baldosa.

Figura 3. Proceso manual de remoción de esmalte



Fuente: Los Autores

### 1.4.3. Elemento tamizador

El proceso de separación según tamaño se realiza en una planta proveedora principalmente, sin embargo en ocasiones es necesario hacer una reducción mayor en el molino de tornillo y para ello se preselecciona el material a través de un tamiz estándar con el que se cuenta en la planta.

Figura 4. Tamizador utilizado actualmente



Fuente: Los Autores

## **2. DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE BANDAS ANTIDESLIZANTES**

### **2.1. DESPLIEGUE DE LA FUNCION CALIDAD**

#### **2.1.1. Voz del consumidor**

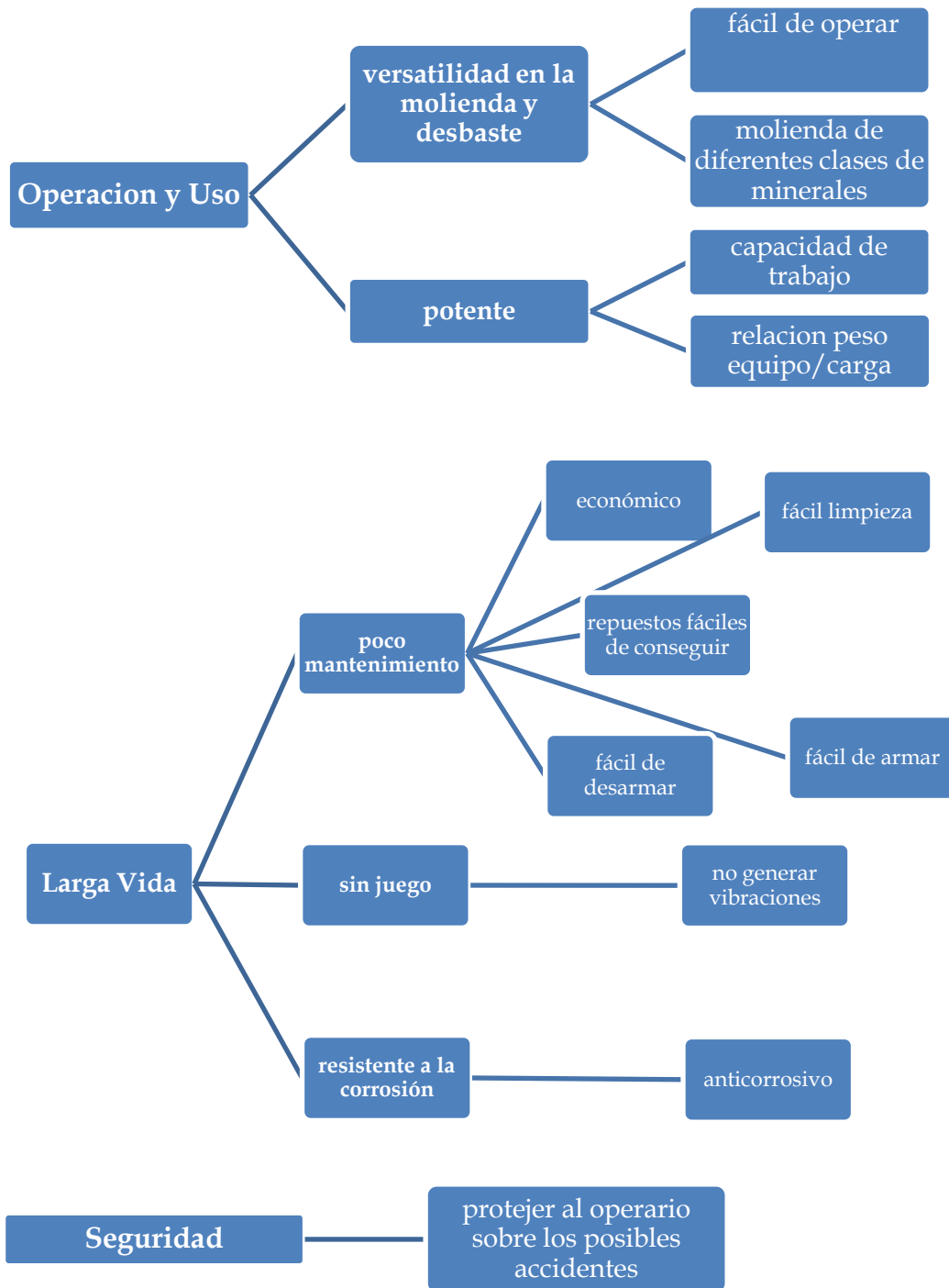
Seguidamente se establecen las demandas básicas de los interesados en el desarrollo del producto:

- Económico
- Resistente a la corrosión
- Fácil de operar
- Capacidad de molienda de ½ arroba cada 6 horas
- Larga vida útil
- Fácil limpieza
- Peso moderado
- Segura durante su funcionamiento y operación
- Repuestos fáciles de conseguir
- Fácil de armar
- Fácil de desarmar
- Que este en capacidad de moler varias clases de minerales
- Ruidos vibratorios bajos
- Fácil de hacer mantenimiento
- Amigable con el ambiente

#### **2.1.2. Organización de requerimientos**

Con el uso de un método asociativo, se organizan los requerimientos en subgrupos de criterios de evaluación cualitativos:

Figura 5. Organización de requerimientos



Fuente: Los autores.

El resultado de esta organización está constituido por las necesidades del consumidor y estas deben introducirse en la matriz de calidad en las celdas verticales. A estas necesidades se les ha asignado un valor que estima su relevancia para el consumidor. Previamente se establecieron los requisitos del proyecto como características de ingeniería ponderable a través del método de la lluvia de ideas o **brainstorming**.

Estos requisitos se colocaron en la parte superior de la matriz. Se deben relacionar las necesidades con los requerimientos del proyecto. Lo correcto es hacer esta relación por medio de símbolos que nos representen el grado de importancia de la relación, pero para efectos prácticos se introducirá dicho valor directamente en la casilla.

### **2.1.3. Matriz de calidad**

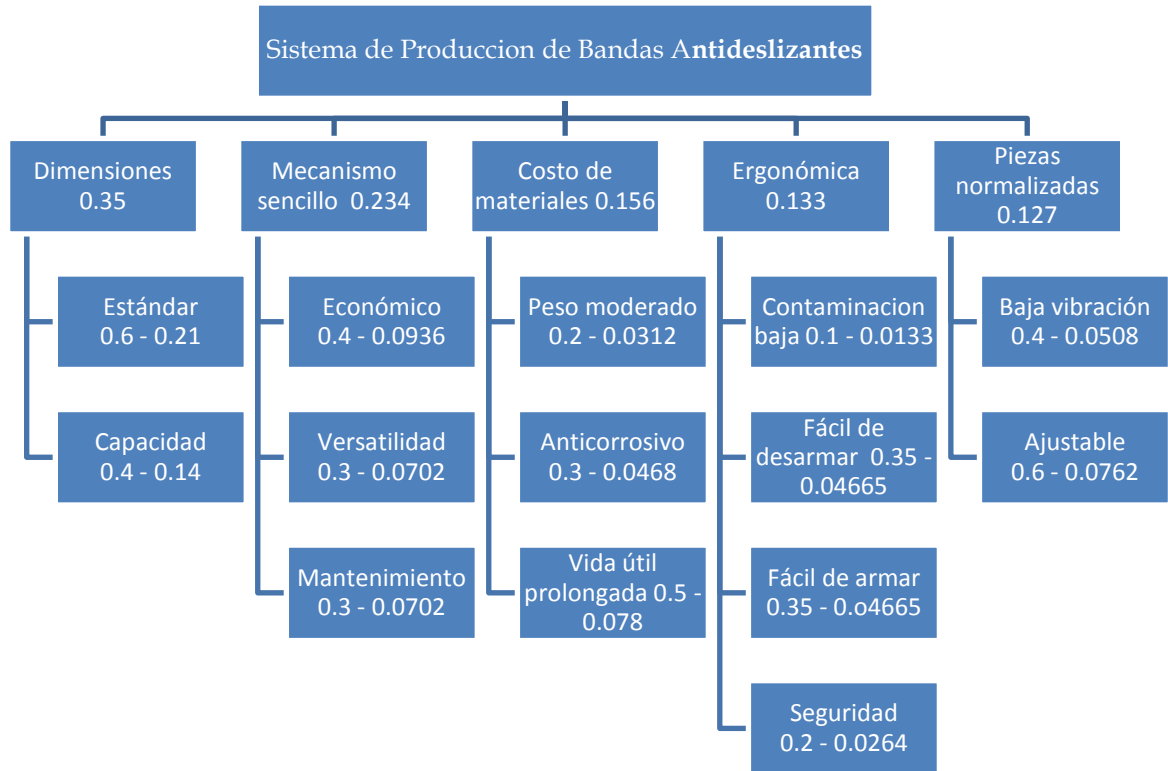
Tabla 1. Matriz de calidad

Q.F.D.		Importancia	Acero	Temple	Ergonómica	mecanismo sencillo	número de componentes	piezas normalizadas	Modular	mecanizado	carcasa resistente	dimensiones	pintura	transmisiones de poleas	costo de materiales	acceso a materia prima	Acabado	Tamaño de grano		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Operación y uso	Versátil	Molienda de diferentes clases de minerales	8	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	3	
		fácil de operar	6	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Potente	Capacidad de trabajo	9	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	0	9	1	0		9	3
		Relación peso equipo / carga	3	1	1	3	1	3	1	0	0	1	9	0	0	3	0	0	0	0
Vida larga	Poco Mantenimiento	fácil limpieza	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Económico	6	1	0	1	1	1	3	1	3	1	1	0	1	9	1	1	1	0
		Estándar	6	0	0	3	3	1	9	1	3	0	9	0	0	3	0	0	0	0
		fácil armar	5	0	0	3	3	1	3	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0
		fácil desarmar	5	0	0	3	3	1	3	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	Ajustable	Vida útil prolongada	8	1	3	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	3	0	1	0	0
		No vibrar	4	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Seguridad		Segura en funcionamiento y operación	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Peso moderado	4	1	0	3	1	3	0	0	0	1	9	0	0	3	0	0	0	0
		Anticorrosivo	3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0
		Contaminación baja	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			48	30	96	80	71	109	60	61	46	301	8	87	134	87	104	51		

Fuente: Los autores.

## 2.1.4. Ponderación de resultados para la selección de la solución

Figura 6. Ponderación de resultados



Fuente: Los autores.

## 2.2. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS PARTICULARES

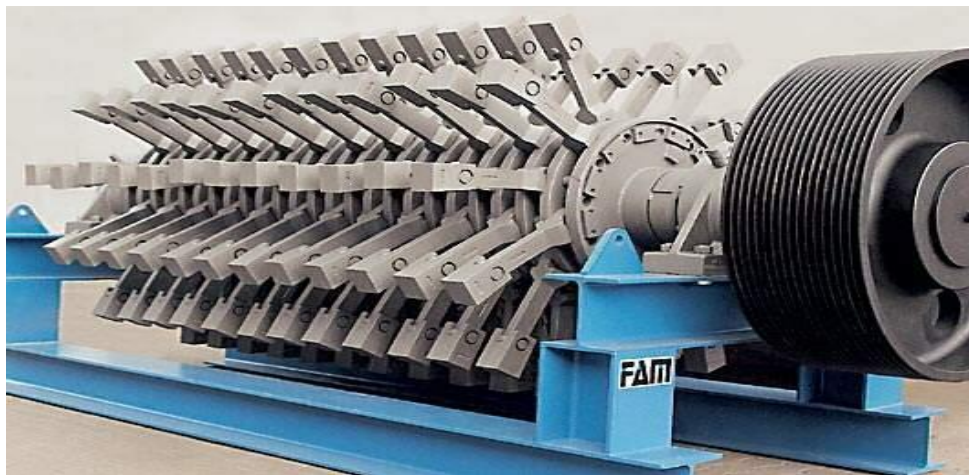
Ahora, se procede a plantear alternativas de solución a partir de entre las cuales se escogerá la que más se acerque a las necesidades del cliente.

## 2.2.1. Soluciones para subsistema de molienda

### 2.2.1.1 Alternativa 1: Molino de martillos

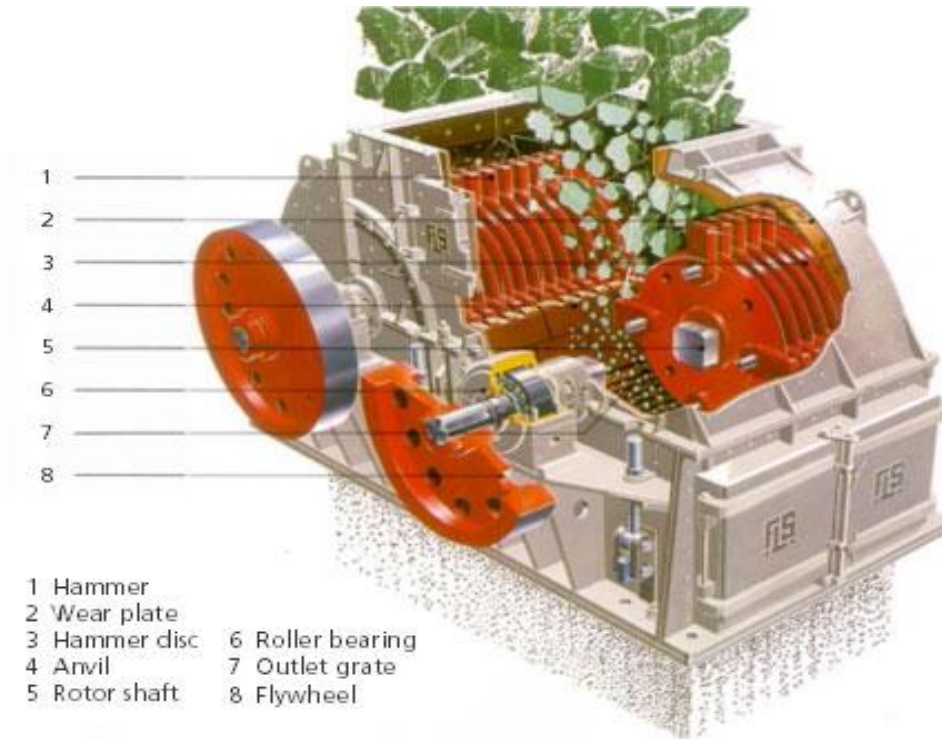
Rompen los materiales con la acción machacante de los martillos. Los molinos de martillos pueden alimentarse de forma horizontal o vertical. Los molinos verticales pueden alimentarse por gravedad desde transportadores. Los modelos horizontales emplean transportadoras para la alimentación, y pueden contar con elementos alimentadores mecánicos. Por ejemplo, un molino de martillos disponible en el mercado emplea unos rodillos con púas para alimentar el material. Los mecanismos de alimentación mecánica también pueden diseñarse para controlar la cantidad de material con la que se alimentan los martillos, con el fin de evitar la sobrecarga en la trituradora. Están disponibles en el mercado martillos con rendimientos de hasta varios cientos de toneladas/hora.

Figura 7. Rotor de un molino de martillos



Fuente: Enciclopedia Wikipedia.

Figura 8. Trituración en un molino de martillos

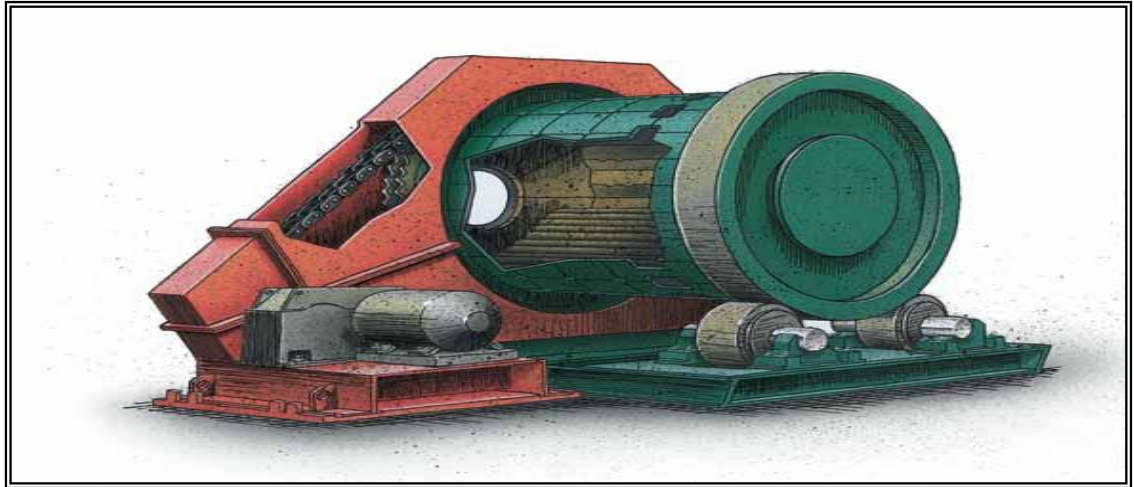


Fuente: Fellows, Peter (2000). Tecnología del procesamiento de los alimentos.

#### 2.2.1.2 Alternativa 2: Molino de Bolas o cilindros

Consiste en un cilindro de acero lleno hasta la mitad con bolas o cilindros de acero y para ejercer su efecto reductor se le aplica un lento movimiento rotacional. A bajas velocidades y con bolas pequeñas la forma de reducir tamaño que predomina es la de cizalla (frotamiento) y al utilizar bolas grandes o el cilindro gira a altas velocidades predomina la de impacto.

Figura 9. Molino de bolas o cilindros



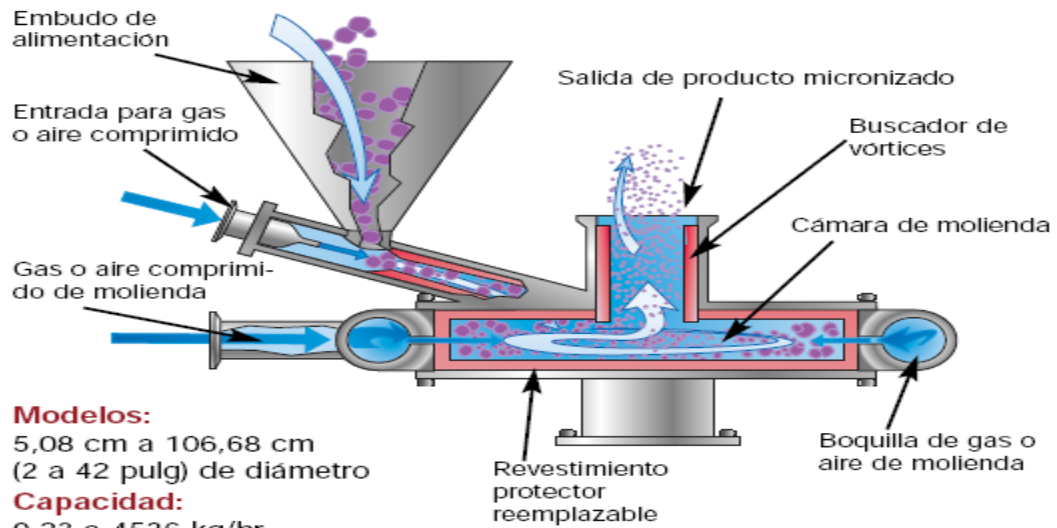
Fuente: Fellows, Peter (2000). Tecnología del procesamiento de los alimentos.

### 2.2.1.3 Alternativa 3: Molino de chorro de aire

Es un molino de chorro que usa gas o aire comprimido para producir partículas más pequeñas que un micrón.

Dentro del molino, una serie de chorros perfectamente alineados crea un vórtice. El material se alimenta en el vórtice a través de un círculo tangencial especialmente diseñado y se acelera. La rotación a alta velocidad somete el material a impacto de partícula contra partícula y se obtienen así partículas cada vez más finas. Mientras la fuerza centrífuga empuja las partículas grandes contra el perímetro, las finas se mueven hacia el centro y salen a través del buscador de vórtices.

Figura 10. Molino de chorro de aire



**Modelos:**

5,08 cm a 106,68 cm  
(2 a 42 pulg) de diámetro

**Capacidad:**

0,23 a 4536 kg/hr  
(0,5 a 10.000 lbs/hr)

**Fineza del producto:**

0,5 a 45 micrones

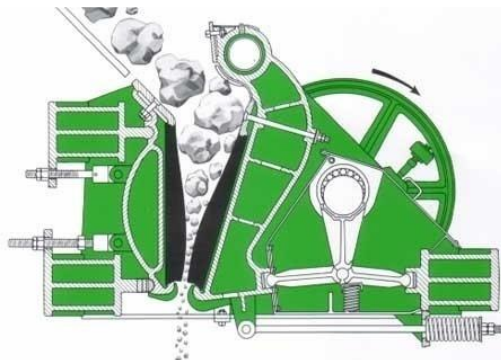
**Requisitos de aire comprimido:**

30 a 3300 SCFM a 100 PSIG

Fuente: [www.sturtevantinc.com/brochures/Spanish\\_Proven\\_Performers.pdf](http://www.sturtevantinc.com/brochures/Spanish_Proven_Performers.pdf),  
Sturtevant inc.

#### 2.2.1.4 Alternativa 4: Triturador de Mandíbula

Figura 11. Triturador de mandíbula



Fuente: Fellows, Peter (2000). Tecnología del procesamiento de los alimentos.

Constituido por dos placas de acero donde una es móvil y la otra fija. Se utiliza para la trituración de partículas de gran tamaño, a tamaño mediano y fino. Trabaja con la compresión y la frotación.

Tabla 2. Ponderación de alternativas para subsistema de molienda

TABLA 2.			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4		
Criterios de evaluación	Parámetros	Pi	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	
Dimensiones	0,35	Estándar	0,6	4	0,84	5	1,05	3	0,63	3	0,63
		Capacidad	0,4	2	0,28	4	0,56	3	0,42	2	0,28
Mecanismo sencillo	0,234	Económico	0,4	2	0,1872	5	0,468	3	0,2808	4	0,3744
		Versátil	0,3	3	0,2106	4	0,2808	3	0,2106	2	0,1404
		Mantenimiento	0,3	2	0,1944	5	0,351	4	0,2808	4	0,2808
Costo de materiales	0,156	Peso moderado	0,2	3	0,0936	4	0,1248	3	0,0936	2	0,0624
		Anticorrosivo	0,3	2	0,0936	2	0,0936	2	0,0936	2	0,0936
		Vida útil prolongada	0,5	3	0,234	4	0,312	4	0,312	3	0,234
Ergonomía	0,133	Contaminación baja	0,1	3	0,0399	3	0,0399	3	0,0399	3	0,0399
		Fácil de armar	0,35	2	0,0931	3	0,13965	2	0,0931	2	0,0931
		Fácil de desarmar	0,35	2	0,0931	3	0,013965	2	0,0931	2	0,0931
		Seguridad	0,2	4	0,1064	5	0,133	3	0,0798	3	0,0798
Piezas normalizadas	0,127	Baja vibración	0,4	5	0,1016	2	0,1016	2	0,1016	1	0,058
		Ajustable	0,6	3	0,2286	4	0,3048	3	0,2286	2	0,1524
<b>TOTAL</b>					2,7961	4,0988	2,9575	2,6123			

Fuente: Los autores.

## **2.2.2. Soluciones para subsistema tamizador**

### 2.2.2.1 Alternativa 1: Tamizadora por Nutación o Cabeceo

El movimiento de una Tamizadora por nutación se compara frecuentemente con un cribado simple a mano, como en el caso de una “criba lavadora de oro”.

El producto a cribar se alimenta de forma centrada y continuada sobre el tamiz superior y luego se reparte uniformemente desde el centro hacia fuera a través de la superficie cribadora. Las partículas más finas ya van cayendo en el centro de la criba a través de las mallas, y las más gruesas sucesivamente hacia el borde extremo de la criba. El producto se mueve en espiral, aumentándose la aceleración sobre las partículas a medida que aumente la distancia hacia el centro, de manera que, hacia el borde, se cribarán incluso las partículas de tamaño casi idéntico con la malla. Todas las fracciones se expulsan de la máquina lateralmente a través de salidas. En cada cubierta cribadora se repetirá este proceso nuevamente. El elemento central de la máquina cribadora por tambaleo es el ajuste patentado del movimiento tridimensional, con el cual se determina de forma individual el tiempo de permanencia de cada producto sobre los tamices. El accionamiento del eje central se produce a través de motor eléctrico y de correa trapezoidal.

Mediante un trazador de curvas específico, en muelle axial y móvil, se podrá marcar el movimiento 3D sobre papel en forma elíptica bidimensional, para una medición posterior exacta.

Figura 12. Tamizador por nutación



Fuente: Catalogo de productos GKM.

#### 2.2.2.2 Alternativa 2: Tamizadora por Chorro de Aire

Figura 13. Tamizadora por chorro de aire



Fuente: Catalogo de productos GKM.

El equipo se conecta a una aspiradora comercial, en la cual, mas tarde, se retendrá el paso del cribado. Una pequeña cantidad del producto a analizar se pesa en una criba de análisis, la cual luego se cierra herméticamente con una tapa de vidrio acrílico. Una vez ajustado el tiempo de pesada relativamente corto de unos 3 a 5 minutos y pulsado el botón de arranque, se inicia el proceso de cribado. A través del brazo de toberas en rotación el producto se revuelve, y al mismo tiempo, por chorro desde abajo se mantiene limpio el tejido del tamiz. El vacío producido por la aspiradora aspira el producto a través del tamiz y se separa del aire en la bolsa de polvo de la aspiradora. Mediante la válvula integrada de tres vías, el vacío deseado siempre será corregible de forma exacta y rápida. El equipo desconecta automáticamente una vez transcurrido el tiempo establecido. A continuación se pesará la retención del cribado.

#### 2.2.2.3 Alternativa 3: Tamizador Rotativo Centrifugo

Un conjunto interior rota a alta velocidad haciendo que el material a ser filtrado pase a través del tamiz estático mediante acción centrífuga. Todas las partículas mayores permanecen en el tamiz hasta ser reducidas. La tamizadora permite separar elementos húmedos.

Figura 14. Tamizadora rotativa centrifuga



Fuente: <http://www.agrotech.ind.br>

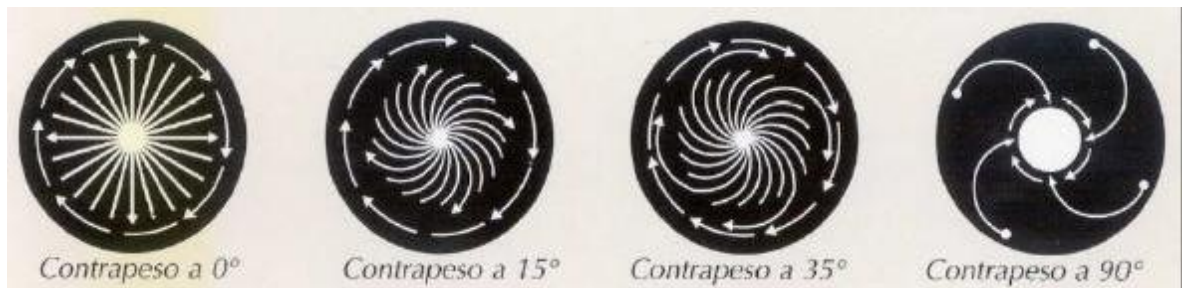
Para garantizar la hermeticidad del proceso, el producto a tamizar se introduce primero y acto seguido se cierra con una tapa desmontable. La velocidad variable de la tamizadora permite ajustar el nivel de humedad de los sólidos cuando éstos se separan. Además, para tamices finos es necesaria una velocidad centrífuga elevada; por el contrario para la tamización con gruesos es necesario trabajar a velocidades inferiores.

#### 2.2.2.4 Alternativa 4: Tamizadora Circular Vibratoria

Se basa en la rotación de un motor con dos masas excéntricas, colocado verticalmente en la base vibrante del separador, comunicando una vibración inercial al tamiz, en dos planos: horizontal y vertical.

Esta vibración hace que todas las partículas circulen por encima del tamiz haciendo que las de un tamaño de partícula determinado lo atraviesen y salgan por la boca de salida de finos, y las partículas mayores permanezcan en el tamiz y se transporten a lo largo del mismo hacia la boca de salida de rechazo. Las masas desequilibradas son ajustables para el control del movimiento del producto en la máquina, a fin de mejorar la eficacia del separado. Regulando el ángulo de los contrapesos, se pueden obtener patrones de movimiento distintos del producto sobre el tamiz y variar la intensidad de la vibración.

Figura 15. Patrón de movimiento de las partículas en función del ángulo de los contrapesos

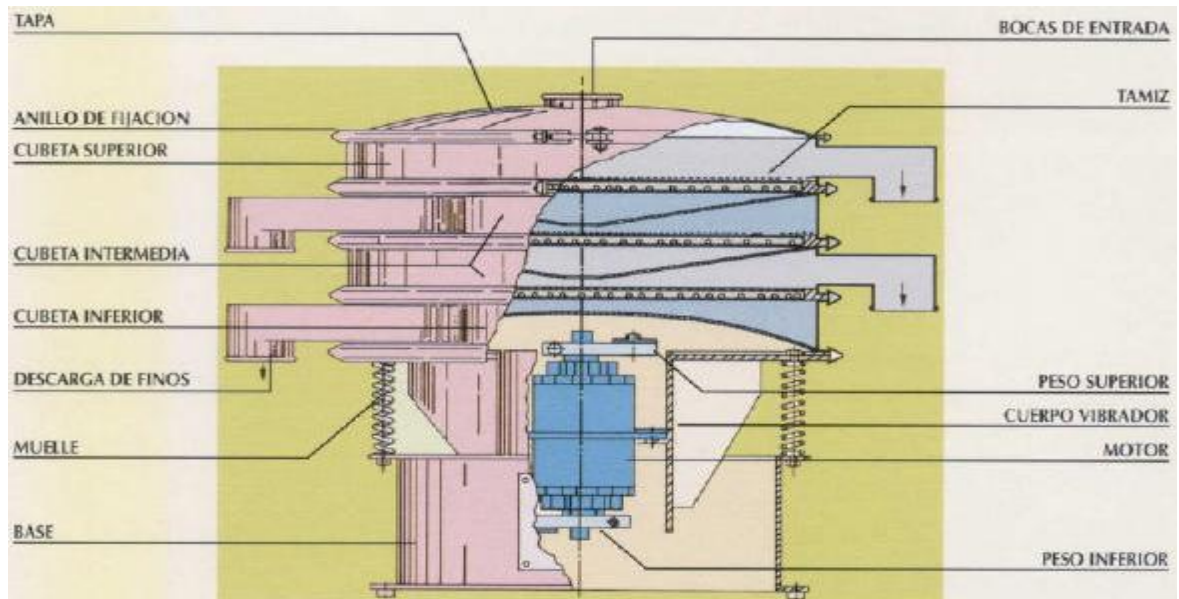


Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc>

Es capaz de realizar distintos tipos de separación:

- Δ Separación en seco: Eliminación de rechazos gruesos en productos pulverulentos.
- Δ Clasificación en seco: División precisa del material en fracciones calibradas.
- Δ Separación sólidos / líquidos: Decantación o concentración de sólidos, o clarificación de líquidos.
- Δ Clasificación de sólidos por vía húmeda: Eliminación de partículas y/o impurezas en las suspensiones.

Figura 16. Diagrama constructivo de una tamizadora circular vibratoria



Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc>

Tabla 3. Ponderación de Alternativas para Subsistema de Tamizado

TABLA 3.				Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
Criterios de evaluación	Parámetros	Pi	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4		
			Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	
Dimensiones	0,178	Estándar	0,56	1	0,09968	2	0,19936	2	0,19936	4	0,39872
		Capacidad	0,44	3	0,23496	1	0,07832	3	0,23496	4	0,31328
Mecanismo sencillo	0,197	Económico	0,26	1	0,05122	2	0,10244	3	0,15366	5	0,2561
		Versátil	0,28	2	0,11032	2	0,11032	2	0,11032	4	0,22064
		Operación	0,23	2	0,09062	3	0,13593	2	0,09062	4	0,18124
		Mantenimiento	0,23	2	0,09062	2	0,09062	2	0,09062	3	0,13593
Costo del Equipo	0,215	Resistencia a vibraciones	0,28	2	0,1204	2	0,1204	2	0,1204	4	0,2408
		Anticorrosivo	0,19	3	0,12255	2	0,0817	3	0,12255	4	0,1634
		Vida útil prolongada	0,53	3	0,34185	3	0,34185	4	0,4558	4	0,4558
Vibraciones	0,265	Ruido	0,22	3	0,1749	1	0,0583	3	0,1749	3	0,1749
		Materiales	0,3	2	0,159	2	0,159	2	0,159	5	0,3975
		Seguridad	0,48	3	0,3816	5	0,636	2	0,2544	4	0,5088
Obtención de Energía	0,145	Tipo de Alimentación	0,4	3	0,174	3	0,174	3	0,174	3	0,174
		Eficiencia	0,6	2	0,174	1	0,087	2	0,174	4	0,348
<b>TOTAL</b>				2,32572		2,37524		2,51459		3,96911	

Fuente: Los autores

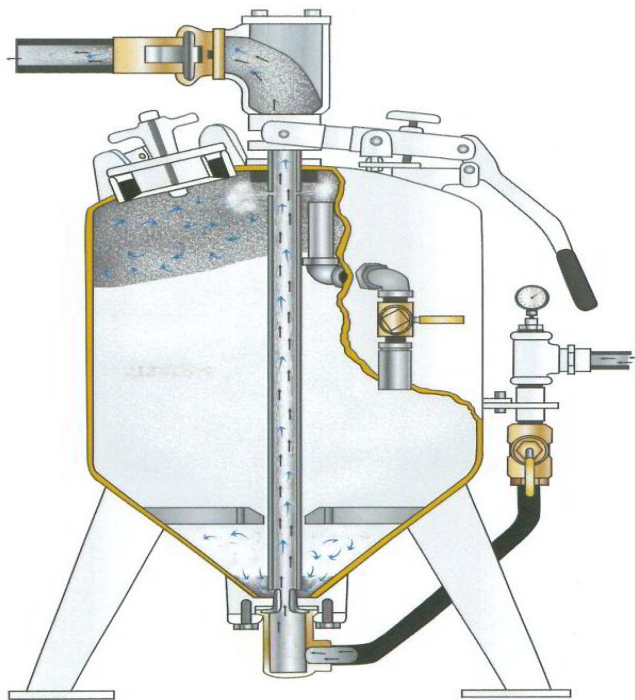
### 2.2.3. Soluciones para proceso de remoción de material

#### 2.2.3.1 Alternativa 1: Sodablasting

Es un proceso de limpieza o remoción de material, en el cual se aplica un chorro de aire mezclado con soda caustica sobre la superficie a tratar. Inicialmente fue creado para limpiar la estatua de la libertad hacia la década de 1980. Es ideal para todo tipo de superficies y equipos en cualquier industria. Elimina la necesidad de usar el método contaminante por chorro de arena (sandblasting), evitando la destrucción abrasiva de la superficie. Es seguro y fácil de usar, no daña los materiales blandos como aluminio, fibra de vidrio, cromo, moldes, etc.

Es usado para muchas aplicaciones en la limpieza, remoción de pintura, restauración de automóviles, mantenimiento de equipos industriales, la eliminación de grafiti, pasivación molecular del acero contra la corrosión, eliminación de aceite por saponificación y de la translocación, la limpieza y restauración de mampostería, rehabilitación de hollín, la limpieza de cascos de barcos, instalaciones de procesamiento de alimentos y equipo.

Figura 17. Esquema de Equipo de Sodablasting



Fuente: <http://www.jet-chem.com>

Un Sodablaster es un sistema sellado que incluye un generador de explosión, de alta presión de aire comprimido, un sistema de descontaminación de humedad, una manguera de chorro, y un tubo de explosión que es capaz de manejar el material de limpieza seco o húmedo. La boquilla de aplicación del chorro debe ser de carburo de tungsteno para resistir el desgaste.

### 2.2.3.2 Alternativa 2: Pulidora de Pisos

Sistema rotativo que consta de grupo de abrasivos para remover esmalte de los pisos, nivelarlos o simplemente limpiarlos.

Figura 18. Disposición de abrasivos en pulidora de pisos



Fuente: <http://www.klindex.it/downloads/pdf/rotoklin.pdf>

Figura 19. Máquina pulidora de pisos



Fuente: <http://www.klindex.it/downloads/pdf/rotoklin.pdf>

### 2.2.3.3 Alternativa 3: Sandblasting Portátil

El proceso de sandblasting es similar al de Sodablasting, pues aplican un abrasivo a presión sobre una superficie con el fin de limpiar, mecanizar o preparar para un tratamiento posterior, su diferencia radica en el abrasivo utilizado, en este caso es arena ultra fina de sílice que no tiene efectos tóxicos conocidos, es un material muy duro que se encuentra en casi todas las rocas.

Figura 20. Equipo portátil de sandblasting



Fuente: Catalogo craftsman tools.

Este proceso fue patentado por Benjamín Chew Tilghman el 18 de octubre de 1870, posee muchas aplicaciones, sin embargo requiere de una cabina cerrada para su uso debido a la gran cantidad de material volátil generado en el proceso, el equipo debe ser operado por un técnico capacitado y equipado con la protección necesaria.

Tabla 4. Ponderación de alternativas para subsistema de remoción de material

TABLA 4.			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		
Criterios de evaluación	Parámetros	Pi	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	
Dimensiones	0,158	Estándar	0,65	1	0,1027	3	0,3081	2	0,2054
		Capacidad	0,35	3	0,1659	3	0,1659	3	0,1659
Mecanismo sencillo	0,118	Económico	0,38	1	0,04484	2	0,08968	2	0,08968
		Versátil	0,22	1	0,02596	3	0,07788	1	0,02596
		Operación	0,20	1	0,0236	3	0,0708	1	0,0236
		Mantenimiento	0,20	1	0,0236	2	0,0472	2	0,0472
Costo de Materiales	0,174	Peso Moderado	0,40	2	0,1392	4	0,2784	2	0,1392
		Anticorrosivo	0,23	2	0,08004	3	0,12006	2	0,08004
		Vida útil prolongada	0,37	3	0,19314	4	0,25752	4	0,25752
Sistema Abrasivo	0,317	Material de Contacto	0,42	3	0,39942	4	0,53256	1	0,13314
		Tiempo de Uso	0,32	3	0,30432	3	0,30432	2	0,20288
		Revoluciones	0,26	3	0,24726	4	0,32968	3	0,24726
Bastidor	0,233	Portátil	0,47	1	0,10951	5	0,54755	1	0,10951
		Guía en zona de Trabajo	0,53	1	0,12349	5	0,61745	1	0,12349
<b>TOTAL</b>				1,98298		3,7471		1,85078	

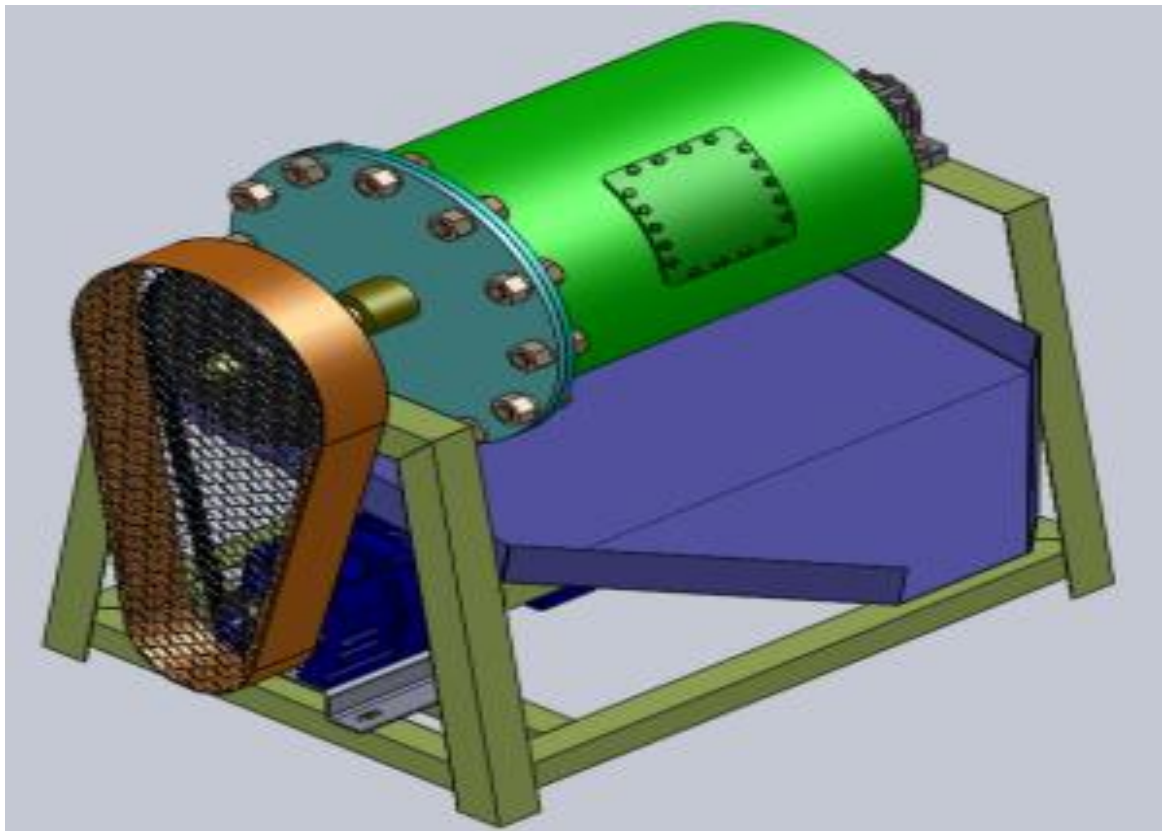
Fuente: Los autores.

## 2.3. DESCRIPCION DE PROPUESTA SOLUCION

### 2.3.1. Solución de subsistema de molienda

El subsistema a desarrollar es un molino de bolas, maquina de cuerpo cilíndrico, de bajas rotaciones y que utiliza esferas aleadas de magnesio como cuerpos molidores. Este equipo consta de un sistema de transmisión de dos etapas, la primera utiliza un motorreductor, la segunda una conexión por cadena, especialmente diseñada para bajas revoluciones. La recamara cilíndrica consta de una compuerta única de alimentación y salida del producto, especialmente desarrollada para evitar sobresaltos internos y fuga de material, un esquema general se muestra a continuación:

Figura 21. Molino de bolas diseñado

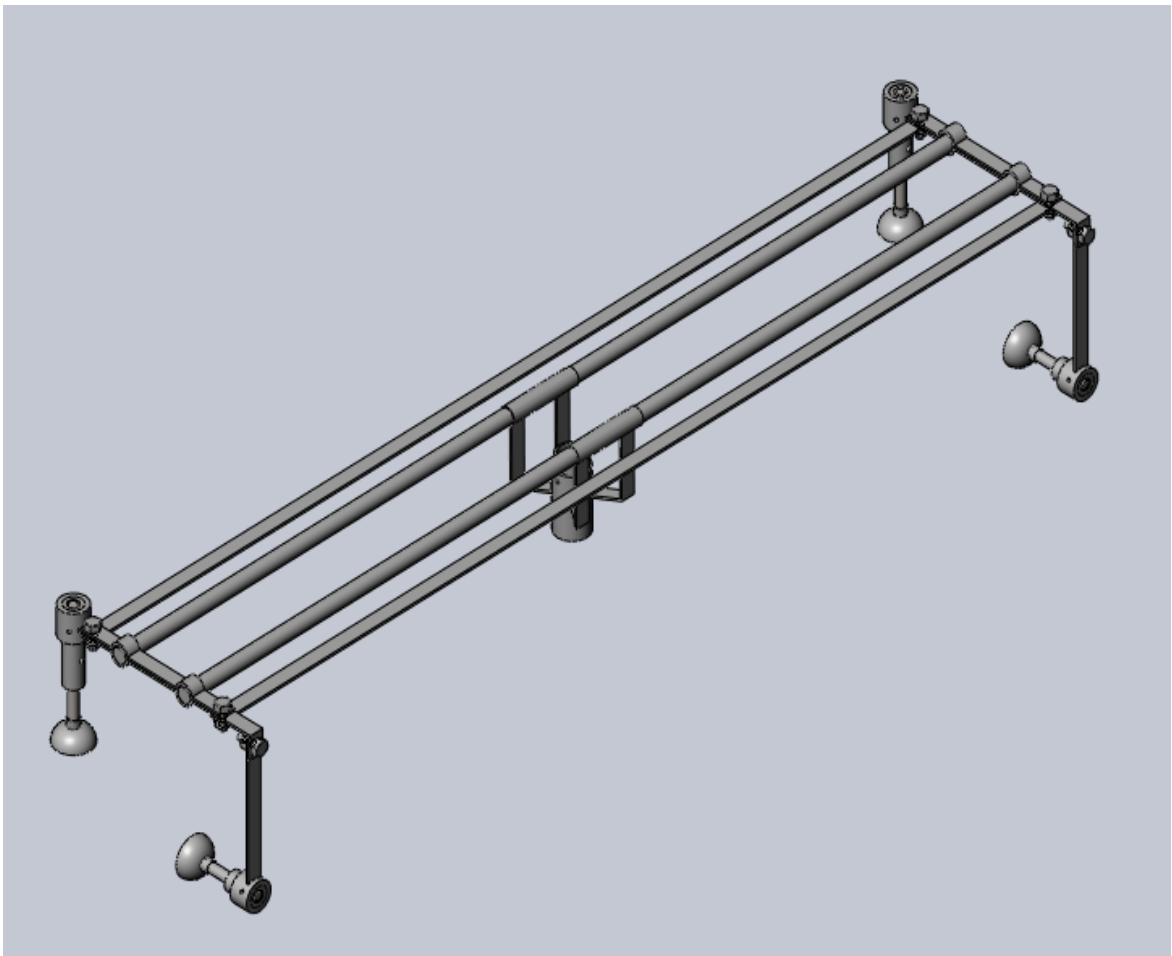


Fuente: Los Autores

### 2.3.2. Solución de subsistema de remoción de material

Este subsistema se desarrollara como un equipo único en su especie, basado en una maquina pulidora de pisos y ajustado a las necesidades especificas de la empresa, consta de un soporte sujetado por succión al suelo, con ajuste bidimensional y que al mismo tiempo cumple la función de guía horizontal en donde se desplazara el elemento rotativo de remoción de esmalte.

Figura 22. Equipo de remoción de material diseñado



Fuente: Los Autores

### 2.3.3. Solución de subsistema tamizador

Figura 23. Tamizador AS-Restch



Fuente: Catalogo web AS - Retsch

El tamizador seleccionado corresponde a un AS – Retsch, de tecnología alemana, capaz de ubicar entre 6 y 9 tamices diferentes, lo que brinda una selección de diferentes tamaños, tal como lo necesitamos, según pruebas realizadas a muestras proporcionadas por la empresa Sodecol. Se varían los tamaños de #20 a #50 según norma ASTM.

En nuestra propuesta presentamos una gama de opciones de tamizadores, que pueden seleccionar entre 2 y 6 Kg. de material por hora, cumpliendo así los requerimientos de producción de 12,5 Kg. al día.

Adicionalmente es posible conectar un software de control al equipo tamizador que permite controlar los parámetros del proceso, reconocer tendencias y comparar los con valores límites especificados.

### 3. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCION DE BANDAS ANTIDESLIZANTES

#### 3.1. MOLINO DE BOLAS

##### 3.1.1. Dimensionamiento primario del molino a partir de la carga

El volumen que ocupan las bolas dentro del molino que tomamos es de un 40 % del volumen total del molino. Consideramos un factor de empaquetamiento de 0.52, que corresponde a un sistema de empaquetamiento considerado como un ordenamiento espacial cúbico simple (recomendado para esta aplicación).

$$m = 12.5 \text{ Kg}$$

$$\rho = 2700 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{kg/m}^3) \quad \text{ecuación 1}$$

$$v = 12.5/2700 = 0.00463 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{md} = v \cdot \alpha \quad \text{ecuación 2}$$

$$\alpha = 1.923$$

$$V_{md} = 0.00463 \cdot 1.923 = 0.008903 \text{ (m}^3\text{)}$$

Donde  $V_{md}$  es el volumen del material distribuido,  $\alpha$  es el inverso del factor de arreglo y  $v$  es volumen.

La carga total ha de ocupar aproximadamente un 55% del volumen del molino. Este es un volumen aparente, por los espacios que quedan libres entre los cuerpos moledores, siendo de hecho el volumen real ocupado por las bolas de un 60% de este 55% aparente (más o menos ocupan un 30% de volumen real del molino. Siendo  $V_{md}$  el 15% del volumen del molino.

Entonces el volumen interno del molino debe ser:

$$V_M = 0.008903 \cdot 100/15 = 0.05935 \text{ (m}^3\text{)}$$

La ocupación de bolas dentro del molino debe estar entre un 30-40% de su volumen interno ( $V_b$ ).

Se toma una ocupación del 40%.

$$V_b = V_M * 0.4 = 0.05935 * 0.4 = 0.0237 \text{ m}^3.$$

Siendo  $V_b$  un volumen aparente o distribuido debido a que se está teniendo en cuenta el factor de arreglo.

#### ❖ Dimensionamiento del cuerpo cilíndrico del molino:

El volumen del cilindro esta dado por la siguiente ecuación:

$$V_M = \frac{\pi * D^2 * l}{4} \quad \text{ecuación 3}$$

Donde:

$$V_M = 0.05935 \text{ m}^3$$

Se asume  $l = 0.6 \text{ m}$ .

Donde se obtiene  $D = 0.354 \text{ m}$ .

La relación longitud/diámetro se encuentra acotada entre 1/1 y 5/1.

#### ❖ Carga del molino de bolas

En los molinos de bolas, los elementos moledores no tienen todos el mismo tamaño, en este caso se utilizarán bolas de diferentes tamaños; bolas de: 1, 1.5 y 2 pulgadas de diámetro.

Sabiendo el factor de arreglo ( $1/\alpha$ ) y el volumen aparente o distribuido de bolas, calculamos el volumen real de bolas ( $V_{Rb}$ ) con el que posteriormente se halla la masa de bolas que debe tener el cilindro.

$$V_{Rb} = \frac{1}{\alpha} * V_b \quad \text{ecuación 4}$$

$$1/\alpha = 0.52$$

$$V_b = 0.0237 \text{ m}^3$$

$$\text{Siendo } V_{Rb} = 0.012324 \text{ m}^3$$

Con la expresión:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{ecuación 5}$$

$$\text{Densidad de las bolas } \rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$V_{Rb} = 0.012324 \text{ m}^3$$

La masa de bolas que debe llevar el molino de bolas es  $m = 96.7434 \text{ Kg}$ .

### ❖ Velocidad crítica

La velocidad crítica para un molino y sus elementos moledores es aquella que hace que la fuerza centrífuga que actúa sobre los elementos moledores, **equilibre** el peso de los mismos en cada instante. Cuando esto ocurre, los elementos moledores quedan “pegados” a las paredes internas del molino y **no ejercen** la fuerza de rozamiento necesaria sobre el material para producir la molienda, ni la de percusión.

La velocidad crítica está dada por la siguiente expresión:

$$V_c = \frac{42.2}{\sqrt{D-d}} \quad \text{ecuación 6}$$

Donde:

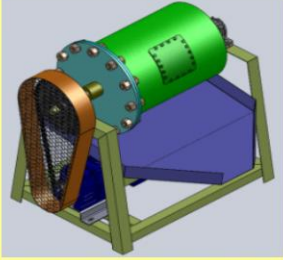
$$D = 0.354 \text{ m.}$$

$$d = 0.0508 \text{ m.}$$

Entonces la velocidad crítica será  $V_c = 76.6 \text{ rpm}$ .

Siendo D el diámetro interno del molino y d el diámetro del cuerpo molidor más grande en este caso el cuerpo molidor más grande tiene 2 pulgadas de diámetro.

Tabla 5. Dimensionamiento del molino de bolas

CALCULO DE DIMENSIONES EN MOLINO DE BOLAS			
		$V_{md} = \alpha \frac{m}{\rho}$ $V_M = \varepsilon \cdot V_{md}$ $V_b = \Phi \cdot V_M$ $V_M = \frac{\pi \cdot L \cdot D^2}{4}$	
ITEM	NOMENCLATURA	UNIDADES	VALOR
Material a Moler	m	kg.	12,5
Densidad del Material	$\rho$	kg./m <sup>3</sup>	2700
Factor de Arreglo	$\alpha$		1,923
Porcentaje de Material	$\varepsilon$		6,66
Porcentaje de Bolas	$\Phi$		0,4
Longitud Interna de Molino	L	m	0,6
DATOS CALCULADOS			
Vol. Material Distribuido	$V_{md}$	m <sup>3</sup>	0,00890278
Volumen Interno de Molino	$V_M$	m <sup>3</sup>	0,0592925
Volumen de Bolas	$V_b$	m <sup>3</sup>	0,023717
Diametro Interno del Molino	D	m	0,35471439

Fuente: Los Autores

### 3.1.2. Análisis de tipo de carga

Muchas máquinas tienen elementos sujetos a cargas súbitas, es decir de impacto. Lo que distingue la carga por impacto de la carga estática es la duración en tiempo de aplicación de la carga.<sup>1</sup>

Si  $t_f < T_n/2$  Se analiza como carga de impacto

Si  $t_f > 3T_n$  Se analiza como carga estática

Tiempo de aplicación de la carga ( $t_l$ ): Se considera 0.1 segundos siendo este valor muy pequeño.

Periodo natural del sistema ( $T_n$ )

$$T_n = \frac{1}{f_n} \quad \text{ecuación 7}$$

Frecuencia natural del sistema ( $f_n$ )

$$f_n = \frac{W_n}{2\pi} \quad \text{ecuación 8}$$

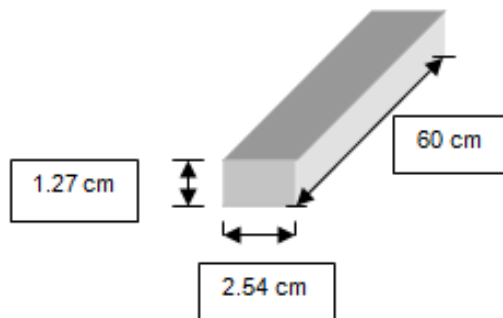
Velocidad angular natural del sistema ( $W_n$ )

$$W_n = \sqrt{\frac{E}{m}} \quad \text{ecuación 9}$$

Donde  $E = 206.8 \cdot 10^6$  (es el módulo de elasticidad por unidad de longitud)

Se analiza un diferencial de volumen del cilindro del molino

Figura 24. Diferencial de volumen del cilindro



Fuente: Los autores

$$V = 1.93 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

Entonces la masa será:

$$m = V \cdot \rho$$

$$m = 1.93 \cdot 10^{-4} (7850) = 1.515 \text{ Kg.}$$

Velocidad angular natural del sistema ( $W_n$ )

$$W_n = (206.8 \cdot 10^6 / 1.515)^{1/2} = 11683.2 \text{ (rad/s)}$$

Frecuencia natural del sistema ( $f_n$ )

$$f_n = 11683.2 / 2\pi = 1859.44 \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

Periodo natural del sistema ( $T_n$ )

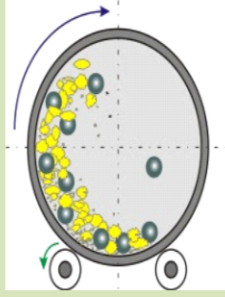
$$T_n = 1 / 1859.44 = 5.37 \cdot 10^{-4} \text{ (s)}$$

$$3T_n = 1.613 \cdot 10^{-3} \text{ (s)}$$

$$t_l = 0.1 \text{ s}$$

Se analiza como carga estática  $t_l > 3T_n$

Tabla 6. Análisis del Tipo de Carga en el Cilindro

ANALISIS DE TIPO DE CARGA			
 $m = V * \rho$ $W_n = \sqrt{\frac{E}{m}}$ $f_n = \frac{W_n}{2\pi}$ $T_n = \frac{1}{f_n}$ $t_l - 3T_n > 0$			
ITEM	NOM.	UNID.	VALOR
Tiempo de Aplicación de la Carga	tl	seg.	0,1
Densidad del Material	$\rho$	kg./m3	7850
Volumen	v	m3	1,93E-04
Modulo de Young	E	Pa	2,07E+08
DATOS CALCULADOS			
Masa	m	Kg.	1,51505
Frecuencia Angular Natural del Sistema	Wn	rad/seg.	11683,1993
Frecuencia Natural del Sistema	fn	1/seg.	1859
Periodo Natural del Sistema	Tn	seg.	5,38E-04
Comprobación de Tipo de Carga		seg.	0,09892415

Fuente: Los Autores

### 3.1.3. Diseño del cilindro

#### 3.1.3.1 Análisis estático

Validamos un estudio estático mediante la herramienta de Cosmos, sujetando la cámara cilíndrica por los extremos y aplicando la carga correspondiente al peso de la carga, los cuerpos molidores, las tapas, el anillo de la brida y el mismo cilindro

$m_k = 12,5$  Kg.                      masa de la carga a moler

$m_b = 96,74$  Kg.                    masa de las bolas

$m_t = 22,732$  Kg.                    masa de las tapas

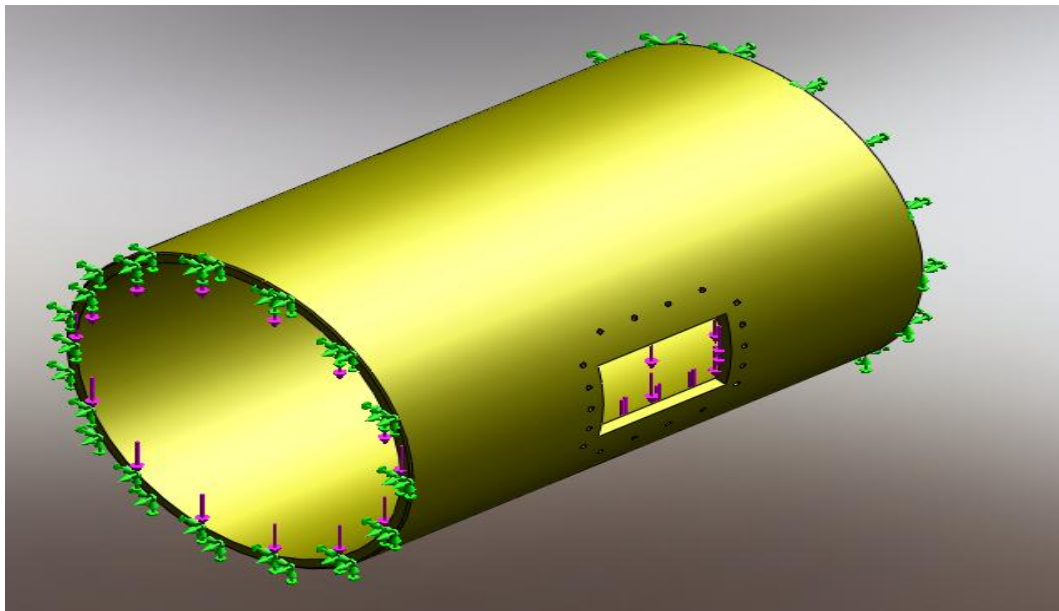
$m_{br} = 7,274 \text{ Kg.}$                       masa del anillo de brida

$m_c = 73,984 \text{ Kg.}$                       masa del cilindro

$m_T = 213,23 \text{ Kg.}$                       masa total

$W_T = 2089,54 \text{ New.}$

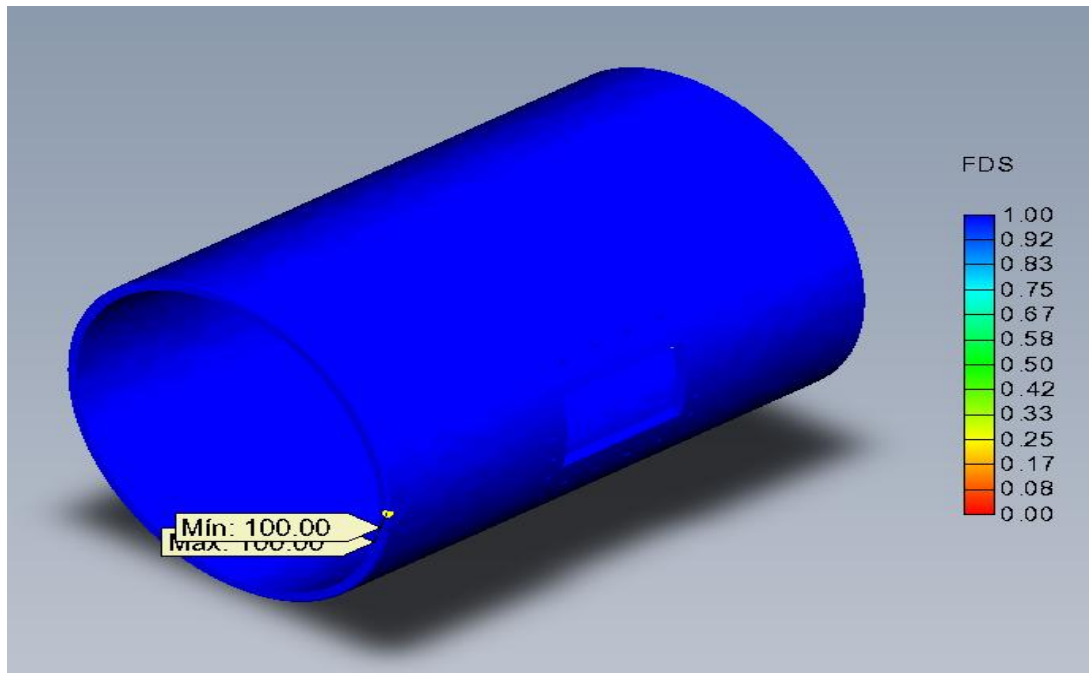
Figura 25. Sujeciones y carga aplicadas al cilindro



Fuente: Los Autores

A continuación ilustramos los resultados obtenidos para el factor de seguridad:

Figura 26. Factor de Seguridad en Análisis Estático del Cilindro



Fuente: Los Autores

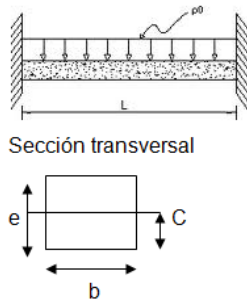
Como se observa, el factor de seguridad es mucho mayor a lo esperado, sin embargo trabajaremos con este espesor ya que es más fácil de conseguir y más económico que el cilindrado de uno de menor pared.

### 3.1.3.2 Análisis resistivo

Se toma un diferencial de volumen del cilindro y así analizar el espesor necesario. Se trabaja con un cilindro de 0.5 pulgadas de espesor por motivos de disponibilidad y costos. Se procede a comprobar si este espesor es resistente a la carga sometida.

- ✓ Viga empotrada con carga uniformemente distribuida

Figura 27. Viga empotrada con carga uniformemente distribuida



Fuente: Los autores

$$L = 0.6 \text{ m.}$$

$$e = 0.5 \text{ in.} = 0.0127 \text{ m.}$$

$$b = 2 \text{ in.} = 0.0508 \text{ m.}$$

$$c = 0.25 \text{ in.} = 0.00635 \text{ m.}$$

- ✓ La fuerza ejercida por las bolas en ese diferencial de volumen del cilindro ( $F'$ ).

$$F' = k \cdot m \cdot g \cdot j \quad \text{ecuación 10}$$

- ✓ Donde  $k$  es el número de bolas,  $m_b$  la masa de cada bola,  $g$  la fuerza de gravedad y  $j$  el número de filas.

$$k = L/d$$

$$\text{Diámetro de bola } d' = 2 \text{ in.} = 0.0508 \text{ m.}$$

$$k = 11.8 \text{ entonces } k = 11 \text{ bolas.}$$

$$m_b = \rho V$$

Donde  $\rho$  es la densidad de la bola y  $V$  es el volumen de cada bola.

$$\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$V = \pi d'^3/6 = 6.86 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3.$$

$$m = 0.538 \text{ Kg.}$$

j = 4 filas

$$F' = 11 \cdot 0.538 \cdot 9.81 \cdot 4 = 232.22 \text{ N.}$$

Como es carga distribuida  $W = 232,58/0.6 = 387.6 \text{ N/m.}$

- ✓ Para la viga empotrada con carga uniformemente distribuida el momento máximo es:

$$M = \frac{WL^2}{24} \quad \text{ecuación 11}$$

$$M = 5,814 \text{ N.m.}$$

- ✓ El momento de inercia I es:

$$I = \frac{be^3}{12} \quad \text{ecuación 12}$$

$$I = 8.671 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4.$$

- ✓ El esfuerzo real  $\sigma_{real}$ :

$$\sigma_{real} = \frac{MC}{I} \quad \text{ecuación 13}$$

$$\sigma_{real} = 4,257 \text{ Mpa}$$

- ✓ El esfuerzo permisible  $\sigma_{perm}$ :

$$\sigma_{per} = \frac{S_y}{N} \quad \text{ecuación 14}$$

El factor de seguridad  $N = 2$

El esfuerzo de fluencia  $S_y = 250 \text{ MPa.}$

$$\sigma_{perm} = 125 \text{ MPa.}$$

Es en gran proporción el esfuerzo permisible mayor que el esfuerzo real, por tanto el material del cilindro resiste la carga a la que está sometido.

Tabla 7. Cálculo de Espesor del cilindro

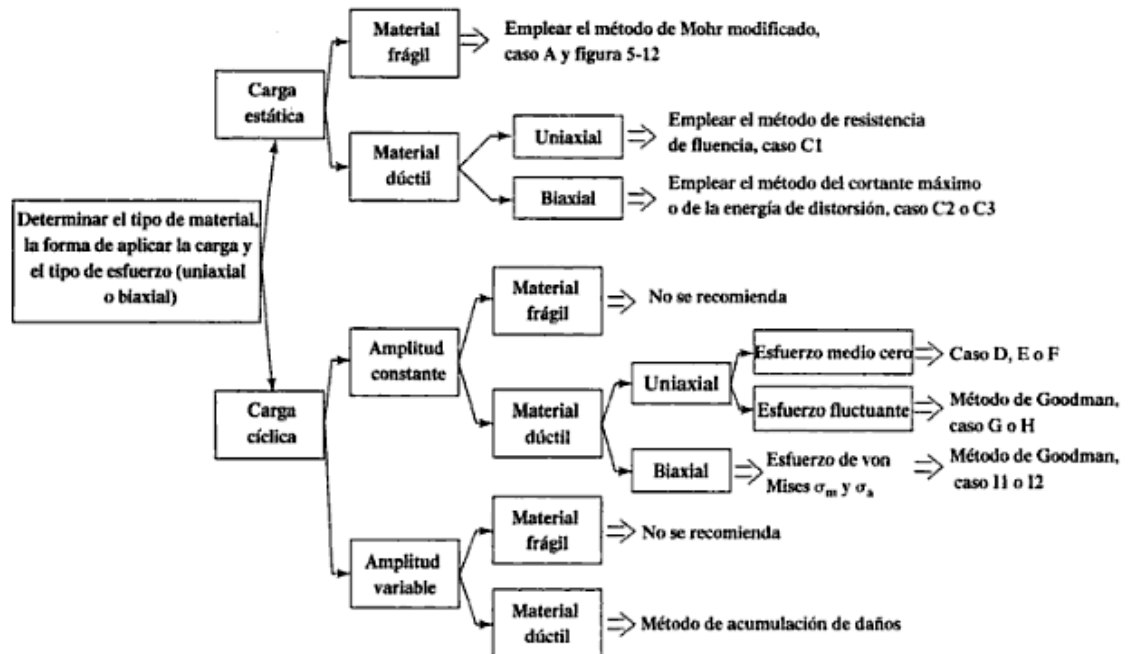
CALCULO DE ESPESOR DEL CILINDRO DEL MOLINO			
		$c = e/2 \quad I = \frac{b * e^3}{12} \quad M = \frac{w * L^2}{24}$	
		$\sigma_{real} = \frac{M * c}{I} \quad \sigma_{perm} = \frac{S_y}{N}$	
		$No = \frac{\sigma_{perm}}{\sigma_{real}}$	
ITEM	NOM.	UNID.	VALOR
Altura Transversal	e	m	0,0127
Base Transversal	b	m	0,0508
Carga Distribuida	w	N/m	387,64
Longitud de la Viga	L	m	0,6
Limite de Fluencia	S <sub>y</sub>	Pa	2,50E+08
Factor de Seguridad	N		2
DATOS CALCULADOS			
Dist. a fibra mas lejana	c	m	0,00635
Momento de Inercia	I	m <sup>4</sup>	8,67149E-09
Momento Maximo en Viga	M	N.m	5,8146
Esfuerzo Real	σ <sub>real</sub>	Pa	4257943,949
Esfuerzo Permisible	σ <sub>perm</sub>	Pa	1,25E+08
Factor de Seguridad Obtenido	No		29,35689185

Fuente: Los Autores.

### 3.1.3.3 Análisis de fatiga

A continuación, se resumen los métodos recomendados para el análisis de diseño, basados en el tipo de material (frágil o dúctil), la naturaleza de la carga (estática o cíclica) y el tipo de esfuerzo (uniaxial o biaxial).

Figura 28. Diagrama lógico para visualizar los métodos de análisis de diseño



Fuente: Diseño de elementos de maquinas, Mott.

Caso I2: Para la teoría de la energía de distorsión, trace dos círculos de Mohr: uno para los esfuerzos medios y otro para los esfuerzos alternantes. Con esos círculos, se determinan los esfuerzos principales máximo y mínimo. A continuación, se calcula los esfuerzos de Von Mises para los componentes medio y alternante con las siguientes expresiones:

$$\sigma'_m = (\sigma_{1m}^2 + \sigma_{2m}^2 - \sigma_{1m} * \sigma_{2m})^{\frac{1}{2}} \quad \text{ecuación 15}$$

$$\sigma'_a = (\sigma_{1a}^2 + \sigma_{2a}^2 - \sigma_{1a} * \sigma_{2a})^{\frac{1}{2}} \quad \text{ecuación 16}$$

Entonces, la ecuación de Goodman se transforma en:

$$\frac{K_t \sigma'_a}{S'_n} + \frac{\sigma'_m}{S_u} = \frac{1}{N} \quad \text{ecuación 17}$$

Primero se analizan los esfuerzos en "Z" y "Y" se obtiene:

$\sigma_{m_y}$  y  $\sigma_{m_z}$ , con estos esfuerzos medios se halla  $\sigma_m$ .

$\sigma_{a_y}$  y  $\sigma_{a_z}$ , con estos esfuerzos alternantes se halla  $\sigma_a$ .

Expresión para encontrar el esfuerzo:

$$\sigma = \frac{MC}{I} \quad \text{ecuación 18}$$

Donde M es el momento (N.m), C es la distancia del eje a la fibra más lejana e I es el momento de inercia.

✓ Análisis de esfuerzos en Z.

$$\sigma_{min} = \frac{M_{min}C}{I} = \frac{M_{min}}{S} \quad \text{ecuación 19}$$

✓ C= 8 in. = 0.2032 m.

$M_{min} = 84.24 \text{ N.m.}$

$I = \pi(D^4 - d^4)/64 = \pi(0.4064^4 - 0.381^4)/64 = 3.04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4.$

$S = 3.04 \cdot 10^{-4} / 0.2032 = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$

$\sigma_{min} = 56160 \text{ Pa.}$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}C}{I} = \frac{M_{max}}{S} \quad \text{ecuación 20}$$

$M_{max} = 246.37 \text{ N.m.}$

$\sigma_{max} = 164246.66 \text{ Pa.}$

$$\sigma_{m_z} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad \text{ecuación 21}$$

$$\sigma_{a_z} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad \text{ecuación 22}$$

$\sigma_{m_z} = 110203.33 \text{ Pa.}$

$$\sigma_{a_z} = 54043.33 \text{ Pa.}$$

✓ Análisis de esfuerzos en Y

$$C = 8 \text{ in.} = 0.2032 \text{ m.}$$

$$M_{\min} = -6.52 \text{ N.m.}$$

$$I = 3.04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4.$$

$$S = 1.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

$$\sigma_{\min} = -4346.66 \text{ Pa.}$$

$$M_{\max} = -0.867 \text{ N.m.}$$

$$\sigma_{\max} = -578 \text{ Pa.}$$

$$\sigma_{m_y} = -2462.33 \text{ Pa.}$$

$$\sigma_{a_y} = 1884.33 \text{ Pa}$$

✓ El cortante  $\tau_{zy}$  es el mismo para ambos, entonces:

$$\tau_{zy} = \frac{T}{Z_p} \quad \text{ecuación 23}$$

El módulo polar de sección ( $Z_p$ ) es:

$$Z_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16D} \quad \text{ecuación 24}$$

✓

$$Z_p = 2.99 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

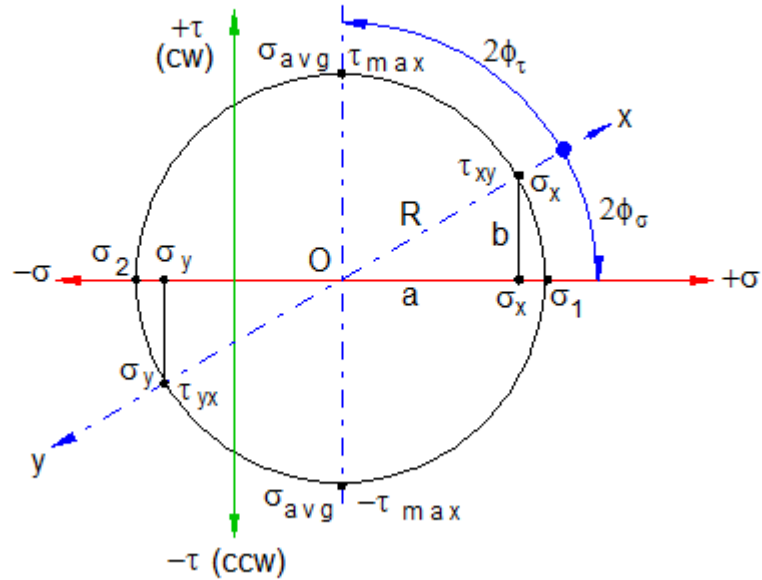
$$\tau_{zy} = 41395 \text{ Pa.}$$

✓ Con la ayuda del programa MDESIGN se hallan los máximos esfuerzos principales y los mínimos esfuerzos principales.

En este caso, por conveniencia para la utilización del programa se toma para el esfuerzo medio  $\sigma_{m_z} = \sigma_x$  y para el esfuerzo alternante  $\sigma_{a_z} = \sigma_x$ .

Figura 29. Nomenclatura circulo de Mohr

Mohr's circle



Fuente: Los autores (programa MDESIGN, Diseño de elementos de máquinas Mott)

**Input data:**

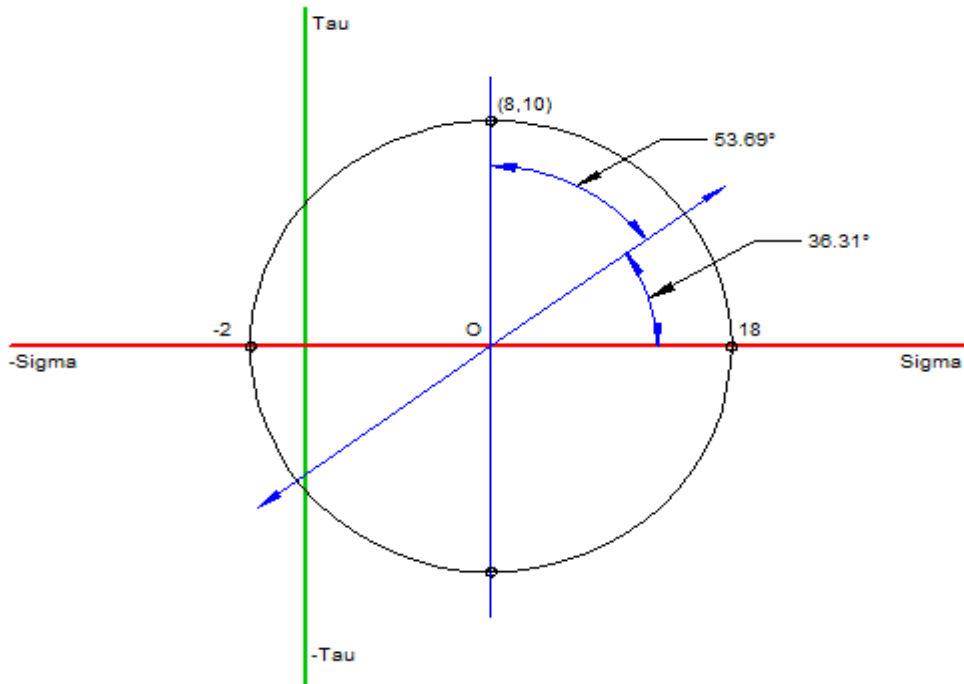
**Combined Stresses and Mohr's Circle**

Normal stress acting along x-axis	$\sigma_x$	=	110203.33	Pa
Normal stress acting along y-axis	$\sigma_y$	=	-2462.33	Pa
Shear stress	$\tau_{xy}$	=	41395	Pa

**Results**

Maximum principal stress	$\sigma_1$	=	1.238e+005	Pa
Minimum principal stress	$\sigma_2$	=	-16036.107	Pa
Maximum shear stress	$\tau_{max}$	=	69906.607	Pa
Average normal stress	$\sigma_{avg}$	=	53870.500	Pa

Figura 30. Circulo de Mohr para esfuerzos medios



Fuente: Los autores (programa MDESIGN, Diseño de elementos de máquinas Mott)

**Input data:**

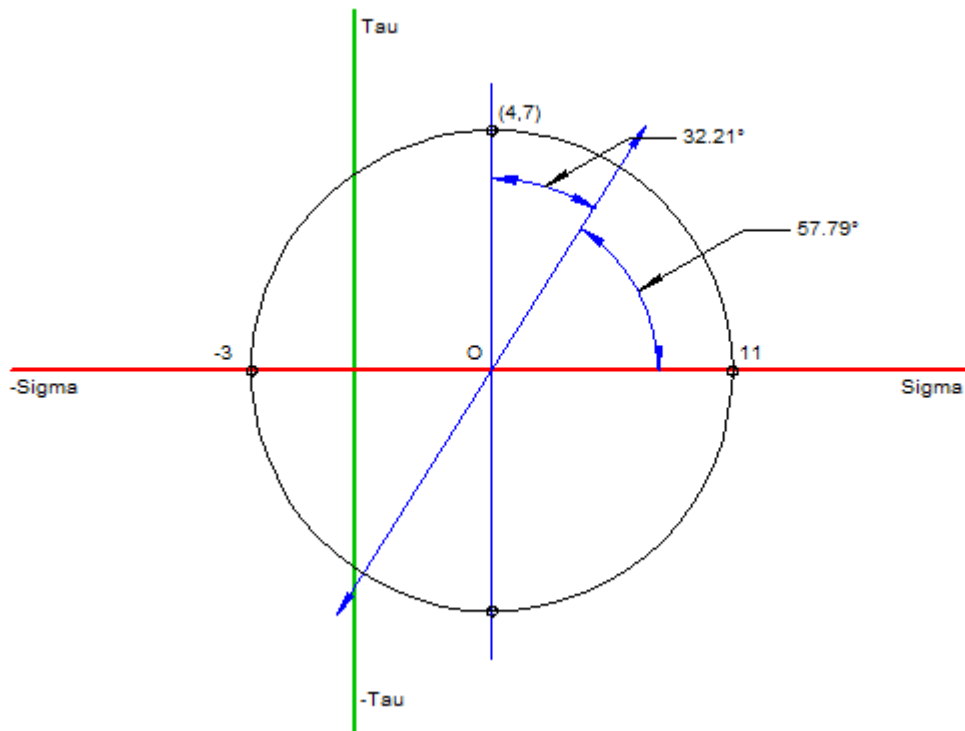
**Combined Stresses and Mohr's Circle**

Normal stress acting along x-axis	$\sigma_x =$	54043.33	Pa
Normal stress acting along y-axis	$\sigma_y =$	1884.33	Pa
Shear stress	$\tau_{xy} =$	41395	Pa

**Results**

Maximum principal stress	$\sigma_1 =$	76889.144	Pa
Minimum principal stress	$\sigma_2 =$	-20961.484	Pa
Maximum shear stress	$\tau_{max} =$	48925.314	Pa
Average normal stress	$\sigma_{avg} =$	27963.830	Pa

Figura 31. Circulo de Mohr para esfuerzos alternantes



Fuente: Los autores (programa MDESIGN, Diseño de elementos de máquinas Mott)

- ✓ Esfuerzos de Von Mises para los componentes medio y alternante  
Componente medio:

$$\sigma'_m = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{ecuación 25}$$

$$\sigma'_m = (123800^2 + 16036.107^2 + 123800 \cdot 16036.107)^{1/2} = 132547.6 \text{ Pa.}$$

$$\sigma'_m = 132547.6 \text{ Pa.}$$

Componente alternante:

$$\sigma'_a = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{ecuación 26}$$

$$\sigma'_a = (76889.144^2 + 20961.484^2 + 76889.144 \cdot 20961.484)^{\frac{1}{2}} = 89235.84 \text{ Pa.}$$

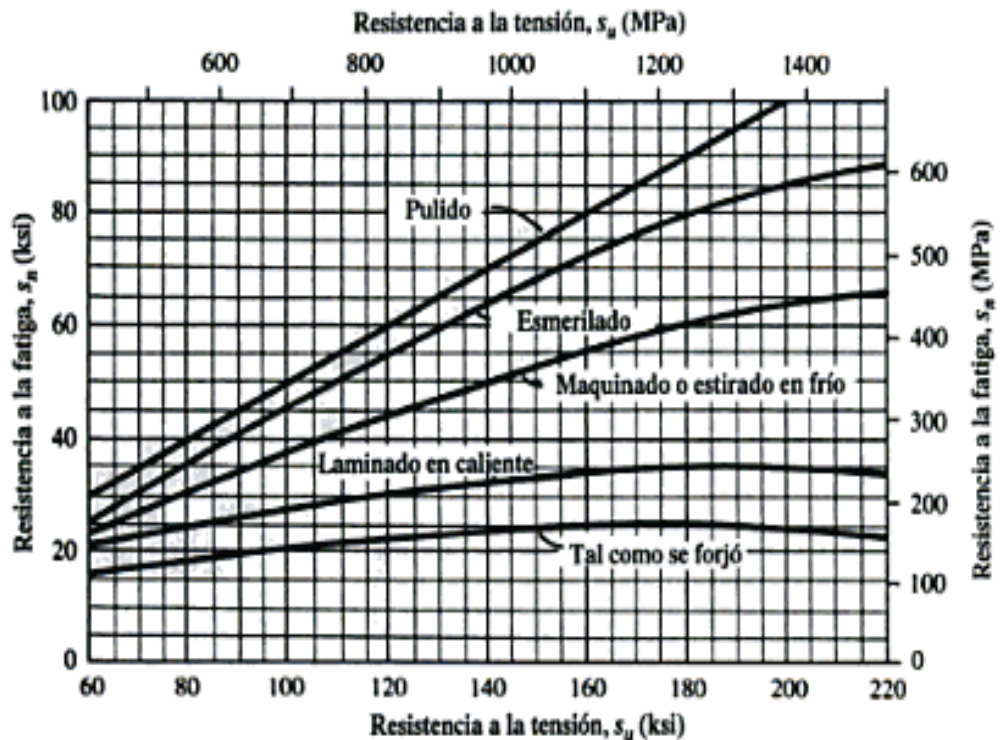
$$\sigma'_a = 89235.84 \text{ Pa.}$$

✓ Resistencia a la fatiga moderada:

$$S'_n = S_n C_m C_{st} C_R C_s \quad \text{ecuación 27}$$

✓ Resistencia a la tensión para A36 laminado en caliente  $S_u = 550 \text{ MPa}$ . de la siguiente tabla:

Figura 32. Diagrama resistencia a la tensión y a la fatiga A - 36



Fuente: Diseño de elementos de maquinas, Mott

La resistencia a la fatiga modificada  $S_n = 175 \text{ MPa}$ .

Factor de material  $C_m = 0.8$  acero colado

Factor de tipo de esfuerzo  $C_{st} = 1$  esfuerzo flexionante.

Factor de confiabilidad  $C_R = 0.75$  (confiabilidad de 0.999)

Factor de tamaño  $C_s = 0.859 - 0.02125D$

$D = 16 \text{ in.}$

$C_s = 0.519$

$S'_n = 175 * 0.8 * 1 * 0.75 * 0.519 = 54.495 \text{ MPa.}$

✓ Factor de seguridad (N).

$K_t = 1.5$

$\sigma'_a = 89235.84 \text{ Pa.}$

$S'_n = 54.495 \text{ Mpa.}$

$\sigma'_m = 132547.6 \text{ Pa.}$

$S_u = 550 \text{ Mpa.}$

$N = 370$

### 3.1.4. Calculo de potencia del sistema

En el cálculo de este parámetro intervienen varios factores y es posible con la utilización de la siguiente expresión:

$$P_m = T * w$$

ecuación 28

$P_m =$  Potencia del molino (Hp)

$T =$  Torque (N.m)

$w =$  Velocidad angular (rad/s)

Se tienen en cuenta los torques presentes y se hace la sumatoria de estos.

$$\sum T = T_m - T_{roz} = I * \alpha \quad \text{ecuación 29}$$

$\sum T$ = sumatoria de torques (N.m)

$T_{roz}$ = Torque ocasionado por los rodamientos (N.m)

$I$ = momento de inercia de masa (K.m<sup>2</sup>)

$\alpha$ = Aceleración angular (rad/s<sup>2</sup>)

$T_m$ = Torque del motor

#### ❖ **Momento de inercia de masa:**

El **momento de inercia** o **inercia rotacional** es una medida de la inercia rotacional de un cuerpo. La masa es la resistencia que presenta un cuerpo a ser acelerado en traslación y el Momento de Inercia es la resistencia que presenta un cuerpo a ser acelerado en rotación.

Momento de inercia de un eje

$$I_{eje} = \frac{1}{8} * m_{eje} * d^2 \quad \text{ecuación 30}$$

$I_{eje}$ = Momento de inercia del eje (Kg.m<sup>2</sup>)

$d$ = Diámetro del eje (m)

$m_{eje}$ = Masa del eje

El material del cual está hecho el eje es un **acero 1040** con una **densidad de 7850Kg/m<sup>3</sup>**.

Para el eje:

$$m_{eje} = \rho * V \quad \text{ecuación 31}$$

$$V_{eje} = \frac{\pi * d^2 * l}{4} \quad \text{ecuación 32}$$

$V_{eje}$  = volumen de eje ( $m^3$ )

$l$  = Longitud de eje (m)

❖ **Momento de inercia de eje de apoyo ( $I_{Ea}$ ):**

$d = 1.5 \text{ in.} = 0.0381 \text{ m.}$

$l = 0.1 \text{ m.}$

$m = 0.895 \text{ Kg.}$

$I_{Ea} = 1.623 * 10^{-4} \text{ Kg.m}^2$

❖ **Momento de inercia de eje de transmisión ( $I_{Etrans.}$ ):**

$d = 0.0381 \text{ m.}$

$l = 0.196 \text{ m.}$

$m = 1.754 \text{ Kg.}$

$I_{Etrans} = 3.182 * 10^{-4} \text{ Kg.m}^2$

❖ **Momento de inercia del cilindro ( $I_{cil}$ )**

$$I_{cil} = \frac{m * (R^2 + r^2)}{2} \quad \text{ecuación 33}$$

Se selecciona un tubo de acero forjado **cédula 40**, soldado y sin costura:

$\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

$D = 16 \text{ in.} = 0.4064 \text{ m}$

$d = 15 \text{ in.} = 0.381 \text{ m}$

$l = 0.6 \text{ m.}$

Con estos datos calculo el volumen del tubo y luego su masa.

$$V_{tubo} = \frac{\pi*(D^2-d^2)*l}{4} \quad \text{ecuación 34}$$

Donde:  $V_{tubo}$  es el volumen del tubo,  $D$  es el diámetro exterior del tubo,  $d$  el diámetro interior del tubo y  $l$  la longitud del tubo.

Entonces el volumen del tubo será  $V_{tubo}= 9.424*10^{-3} \text{ m}^3$ .

La masa del cilindro es  $m_{cil}=\rho*V_{tubo}=73.984 \text{ Kg}$ .

$$I_{cil}= 73.984(0.2032^2+0.1905^2)/2= 2.869 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_{cil}= \mathbf{2.869 \text{ Kg.m}^2}$$

#### ❖ Momento de inercia de las tapas del cilindro

Diámetro de las tapas o diámetro interno del cilindro  $D_t=15 \text{ in.} = 0.381 \text{ m}$ .

Espesor de las tapas  $e=0.5 \text{ in.} = 0.0127 \text{ m}$ .

Volumen de la tapa del cilindro  $V_{tapa}=\pi*D_t^2*e/4$

$$V_{tapa}=\pi(0.381)^2(0.0127)/4=1.44*10^{-3} \text{ m}^3$$

Masa de la tapa del cilindro  $m_{tapa}=7850*1.44*10^{-3}=11.366 \text{ Kg}$ .

$$I_{tapa}=11.366(0.381)^2/8=0.2062 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_{tapa}= \mathbf{0.2062 \text{ Kg.m}^2}$$

#### ❖ Momento de inercia anillo brida

Diámetro interno brida  $D_{int}=16 \text{ in.} = 0.4064 \text{ m}$ .

Diámetro externo brida  $D_{ext}=20 \text{ in.} = 0.508 \text{ m}$ .

Espesor de la brida  $e=0.5 \text{ in.} = 0.0127 \text{ m}$ .

Volumen de brida ( $V_{brida}$ )

$$V_{brida}=\pi(0.508^2-0.4064^2)(0.0127)/4=9.266*10^{-4} \text{ m}^3$$

Masa de brida  $m_{brida}=7850(9.266*10^{-4})=7.274 \text{ Kg}$ .

$$m_{brida}=7.274 \text{ Kg}$$

Se halla el momento de inercia de masa con la misma expresión utilizada para el cilindro:

$$I_{anillo}=7.274(0.254^2+0.2032^2)/2 = 0.3848 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_{anillo}= \mathbf{0.3848 \text{ Kg.m}^2}$$

#### ❖ Momento de inercia de la carga del molino mas las bolas

Masa de las bolas  $m_b= 96.7434 \text{ Kg}$

Masa de carga  $m_c= 12.5 \text{ Kg}$

Diámetro interno del molino  $d=0.381$

$$I_{carga+bolas}=109.2434(0.1905^2)/2 = 1.9822 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_{carga+bolas}=\mathbf{1.9822 \text{ Kg.m}^2}$$

#### ❖ Momento de inercia total ( $I_{total}$ )

$$I_{total} = I_{Ea} + I_{Etrans} + I_{cil} + 2I_{tapa} + I_{anillo} + I_{carga+bolas} \quad \text{ecuación 35}$$

$$I_{total}=\mathbf{5.65 \text{ Kg.m}^2} \approx 6 \text{ Kg.m}^2$$

#### ❖ Torque del motor ( $T_m$ )

$$T_m = I_{total} * \alpha + T_{roz} \quad \text{ecuación 36}$$

$$T_{roz} = \mu * N * r \quad \text{ecuación 37}$$

Donde  $\mu$  es el coeficiente de rozamiento de rodamiento rígido de bolas,  $N$  es la normal y está dada por los componentes del molino y  $r$  es el radio del eje.

$$\mu= 0.0015$$

$$N = m * g \quad \text{ecuación 38}$$

$$N= 215.8824 (9.81)=2117.81 \text{ New.}$$

$$r = 0.04 \text{ m.}$$

$$T_{roz} = 0.127 \text{ N.m.}$$

Aceleración angular:

$$\alpha = \frac{w}{\Delta t} \quad \text{ecuación 39}$$

Donde  $\Delta t$  es el tiempo estimado en el arranque y  $w$  es la velocidad angular.

$$w = \frac{2\pi n}{60} \quad \text{ecuación 40}$$

$n$  son las revoluciones por minuto de nuestro molino

$$n = 76.6 \text{ rpm.}$$

$$w = 8 \text{ rad/s}$$

Se asume un  $\Delta t = 1/3 \text{ s.}$  (en el arranque).

$$\alpha = 24. \text{ rad/s}^2$$

$$T_m = 6(24) + 0.127 = 144.27 \text{ N.m.}$$

$$T_m = 144.127 \text{ N.m.}$$

$$P_m = 144.127 * 8 = 1153.016 \text{ watt.} = 1.546 \text{ Hp}$$

$$P_m = 1.546 \text{ Hp.}$$

Tabla 8. Calculo de Potencia Requerida

CALCULO DE POTENCIA REQUERIDA			
			
ITEM	NOM.	UNID.	VALOR
Masa de Bolas	mb	Kg.	96,7434
Masa de la Carga	mk	Kg.	12,5
Diametro Interno del Molino	d	m.	0,381
Diametro Interno del Anillo Brida	db	m.	0,4064
Diametro Externo del Anillo Brida	Db	m.	0,508
Espesor del Anillo Brida	eb	m.	0,0127
Densidad del Acero	$\rho$	Kg/m3	7850
Diametro de la Tapa	Dt	m.	0,381
Espesor de la Tapa	et	m.	0,0127
Diametro Externo del Molino	D	m.	0,4064
Longitud Camara Cilindrica	L	m.	0,6
Diametro del Eje de Apoyo	Dea	m.	0,0381
Longitud del Eje de Apoyo	Lea	m.	0,1
Diametro del Eje de Transmisión	Det	m.	0,0381
Longitud del Eje de Transmisión	Let	m.	0,196
Coeficiente de Rozamiento	$\mu$		0,0015
Radio de Rodamientos	r	m.	0,04
Rpm del Molino	n	rpm	76,6
Tiempo de Arranque	t	seg.	0,33
DATOS CALCULADOS			
Inercia de Carga y Bolas	Icb	Kg.m2	1,982235148
Volumen del Anillo - Brida	Vb	m3	0,000926667
Masa del Anillo - Brida	mbr	kg.	7,274333107
Inercia del Anillo - Brida	Ib	Kg.m2	0,384834917
Volumen de la Tapa	Vt	m3	0,001447917
Masa de la Tapa	mt	kg.	11,36614548
Inercia de la Tapa	It	kg.m2	0,20624013
Volumen de la Camara Cilindrica	Vc	m3	0,009424759
Masa de la Camara Cilindrica	mc	kg.	73,98435902
Inercia de la Camara Cilindrica	Ic	kg.m2	2,869871413
Volumen del Eje de Apoyo	Vea	m3	0,000114009
Masa del Eje de Apoyo	mea	kg.	0,894972085
Inercia del Eje de Apoyo	lea	Kg.m2	0,000162394
Volumen del Eje de Transmisión	Vet	m3	0,000223458
Masa del Eje de Transmisión	met	kg.	1,754145287
Inercia del Eje de Transmisión	let	kg.m2	0,000318292
Masa Total del Sistema	m	kg.	215,8835005
Normal para el Rozamiento	N	New.	2117,81714
Torque de Rozamiento	Troz	New.m	0,127069028
Velocidad Angular del Molino	$\omega$	rad/seg.	8,021533242
Aceleración Angular del Sistema	$\alpha$	rad/seg.2	24,06459973
Momento de Inercia Total	Itot	kg.m2	5,649902425
Torque en el Motor	Tm	N.m	136,0897094
Potencia en el Motor	Pm	H.P.	1,462808491

Fuente: Los Autores.

### 3.1.5. Diseño del eje

#### 3.1.5.1 Análisis estático

Validamos el análisis estático con la herramienta de Cosmos, sujetando el eje al rodamiento sobre el cual se va a apoyar y aplicando las cargas respectivas en cada cuñero, así como el Torque.

$$F_{\text{cil}} = 1063,17 \text{ New.}$$

Fuerza del cilindro sobre el eje

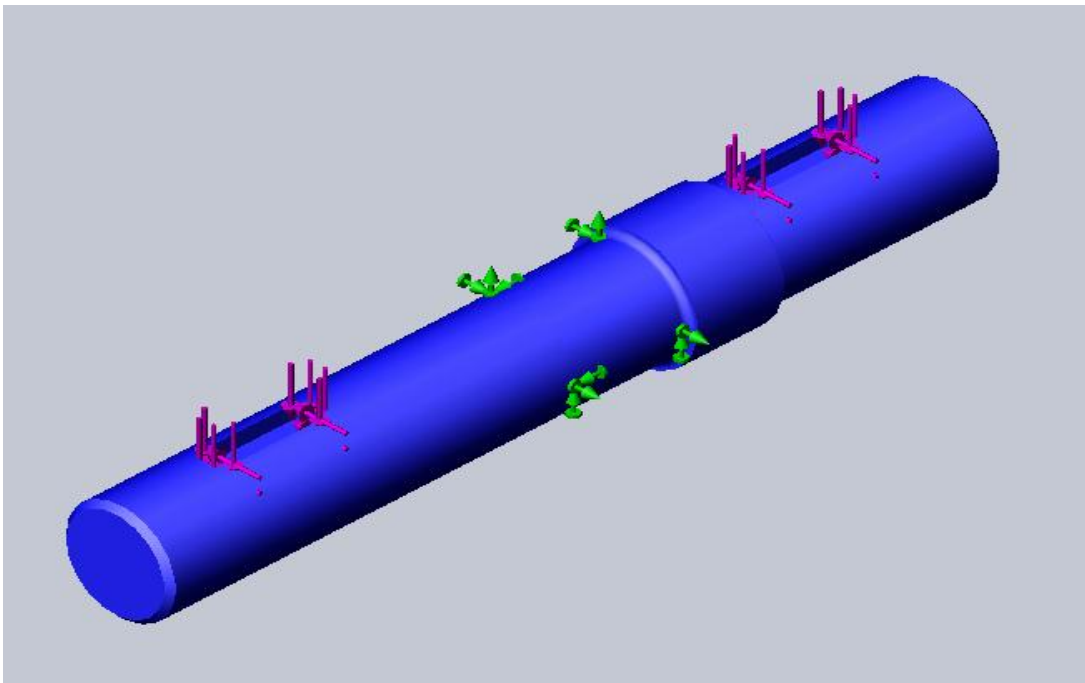
$$F_{\text{cat}} = 2020,73 \text{ New.}$$

Fuerza de la Catarina sobre el eje

$$F_{\text{cuña}} = 7565,72 \text{ New.}$$

Cortante en las Cuñas

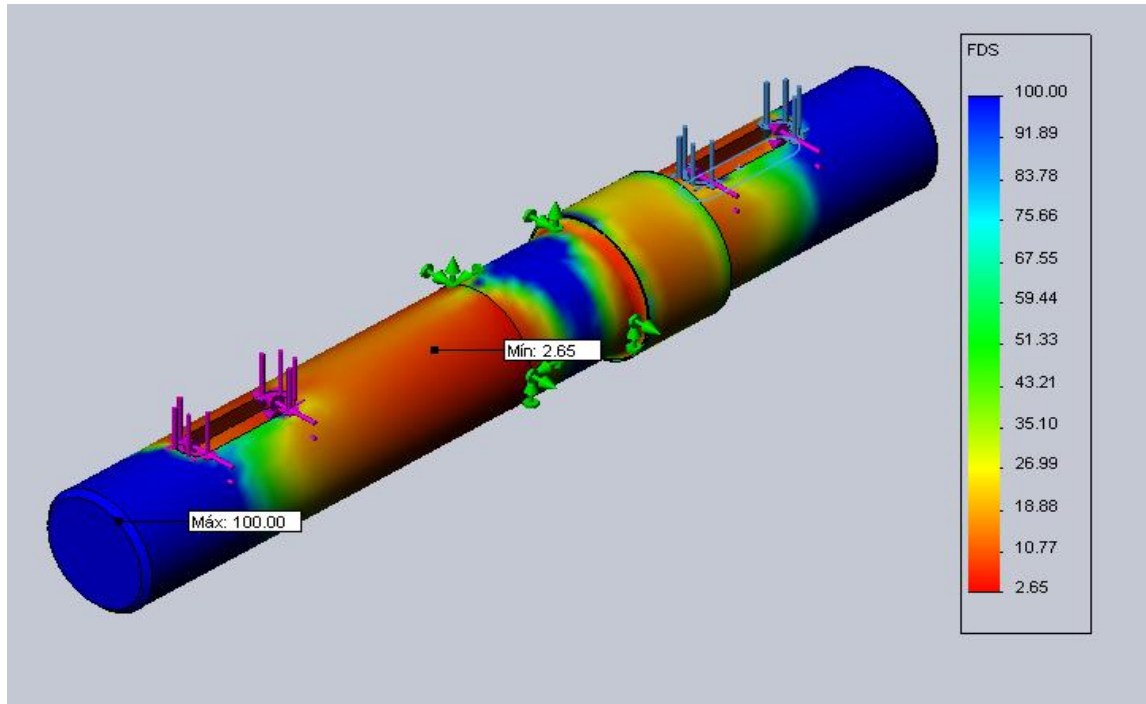
Figura 33. Eje sometido a sujeciones y carga para Análisis Estático



Fuente: Los Autores

Al realizar la enmallada y correspondiente ejecución de los cálculos, los resultados del factor de seguridad se muestran a continuación:

Figura Factor de Seguridad obtenido para Eje de transmisión en Análisis Estático  
Figura 34. Factor de seguridad de eje



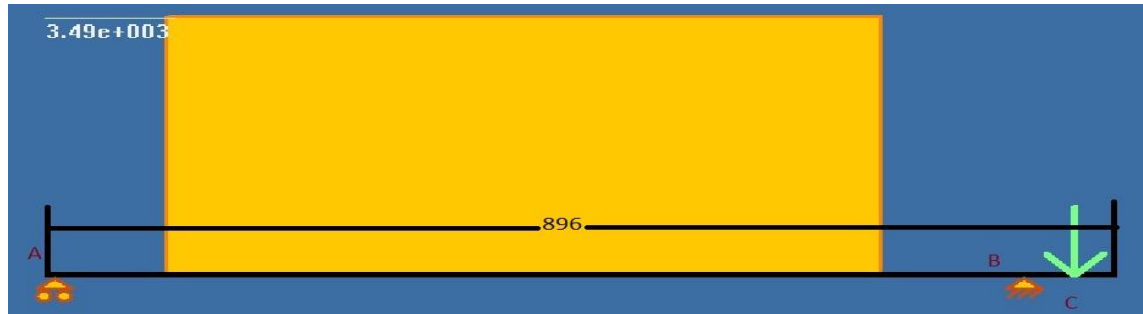
Fuente: Los Autores

Se obtiene un factor de seguridad mínimo de 2,65, suficiente para validar el diseño propuesto.

### 3.1.5.2 Análisis resistivo

Diagramas de cortante y de momentos para fuerzas y momentos actuantes en el eje plano X-Z

Figura 35. Diagrama fuerzas en eje plano X-Z



Fuente: Los autores

Del cálculo de potencia.

Es necesario saber la masa de la cámara cilíndrica, la carga y las bolas para hallar la fuerza que estos ejercen, a esto se le llama  $W_C$ .

$$W_C = (73.984 + 2(11.366) + 7.274 + 12.5 + 96.7434)9.81 = 2091.82 \text{ N.}$$

A la componente en Z de la fuerza de la cadena y la masa de la catarina, esto multiplicado por la gravedad se le llama  $f_c$ .

Masa de la Catarina = 3 Kg.

#### Del cálculo de transmisión

Fuerza de la cadena = 212.4 lbf. = 944.93 N.

$$\Theta_2 = 201.64^\circ.$$

Componente en Z es:  $944.93 (\cos((\Theta_2 - 180)/2)) = 928.13 \text{ N}$

$$f_c = 3(9.81) + 928.13 = 957.56 \text{ N.}$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$R_A + R_B - W_C - f_c = 0$$

$$R_A + R_B = 3049.38$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$W_C(0.392) - R_B(0.81) + f_c(0.853) = 0$$

$$2091.82(0.392) - R_B(0.81) + 957.56(0.853) = 0$$

$$R_B = 2020.73 \text{ N.}$$

$$R_A = 1028.65 \text{ N.}$$

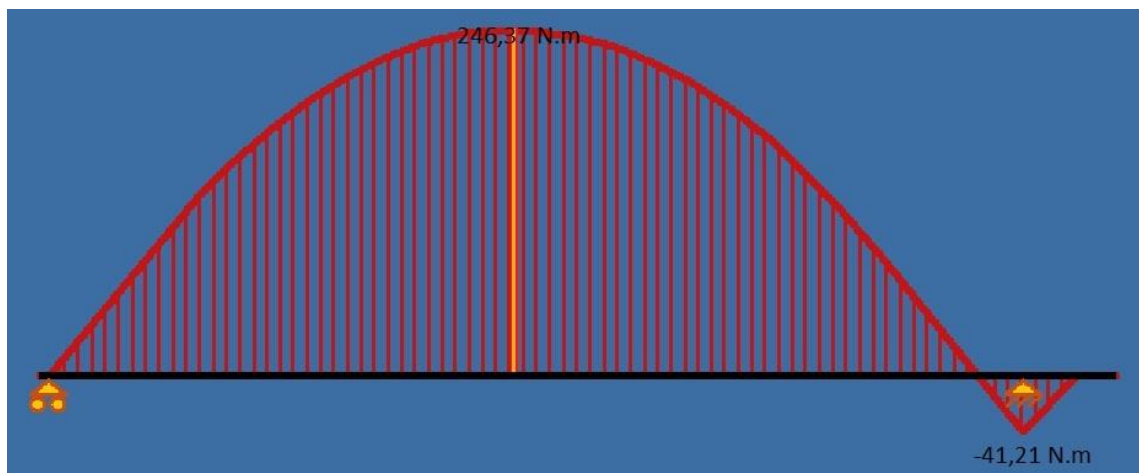
Figura 36. Diagrama de cortante plano X-Z



Fuente: Los autores

Cortante máximo en F y es 1063.17 N

Figura 37. Diagrama de momentos plano X-Z



Fuente: Los autores

Momento máximo en C y es: 246.37 N.m.

Diagramas de cortante y de momentos para fuerzas y momentos actuantes en el eje plano X-Y

La fuerza actuante en este plano es la componente en Y de la fuerza de la cadena.

$$\Theta_2 = 201.64^\circ$$

$$\text{Componente en y es: } f_{cy} = 944.93 (\text{Sen}((\theta_2 - 180)/2)) = 177.38 \text{ N.}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{By} - R_{Ay} - f_{cy} = 0$$

$$\Sigma M_A = 0$$

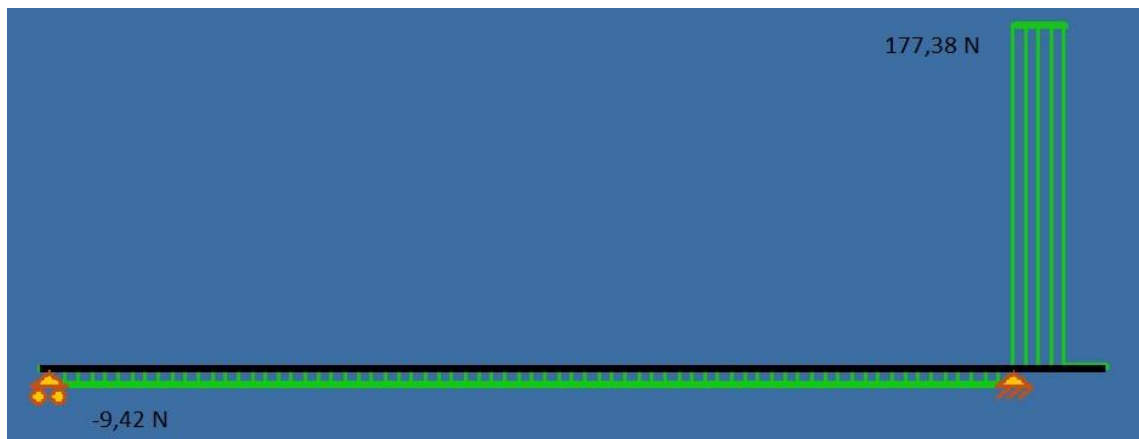
$$F_{cy}(0.853) - R_{By}(0.81) = 0$$

$$F_{cy} = 177.38 \text{ N.}$$

$$R_{By} = 186.8 \text{ N.}$$

$$R_{Ay} = 9.423 \text{ N.}$$

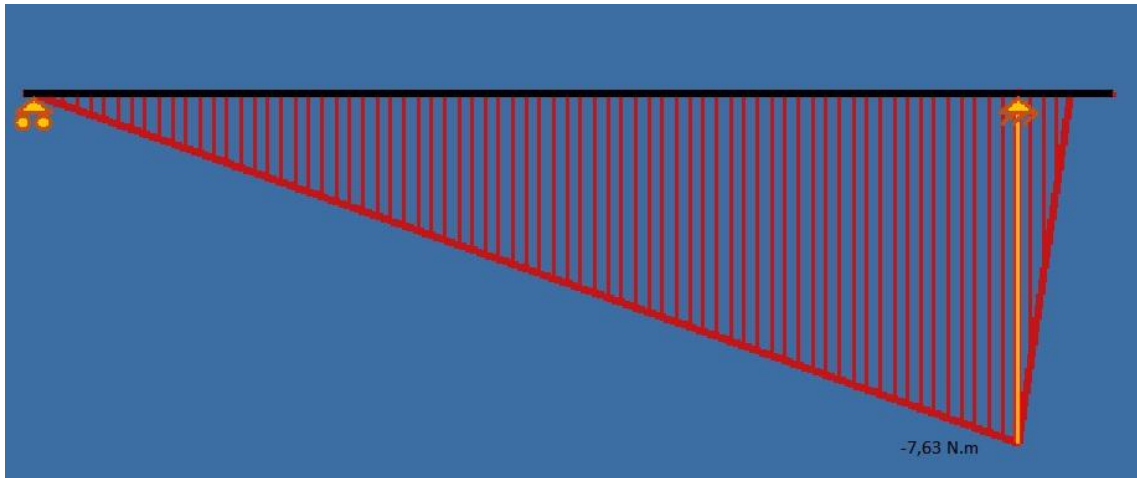
Figura 38. Diagrama de cortante plano X-Y



Fuente: Los autores

Cortante máximo en F y es 177.38 N.

Figura 39. Diagrama de momentos plano X-Y



Fuente: Los autores

Momento en B y es 7.63 N.m.

Análisis de F, donde se encuentra la cuña del eje de transmisión.

Momento en F plano Z-X.= 84.24 N.m

Momento en F plano X-Y.= 7.63 N.m.

Momento resultante  $M_F = (84.24^2 + 7.63^2)^{1/2} = 84.58$  N.m.

Análisis de B (apoyo de eje de transmisión).

Momento en F plano Z-X.= 41.21 N.m.

Momento en F plano X-Y.= 7.63 N.m.

Momento resultante  $M_B = (41.21^2 + 7.63^2)^{1/2} = 41.91$  N.m.

Análisis de C (Catarina grande).

En este punto no hay momentos actuantes.

### 3.1.5.3 Análisis de fatiga

Ecuación de diseño para ejes<sup>1</sup>:

$$D = \left[ \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_t M}{S'_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{ecuación 41}$$

Donde  $D$  es el diámetro del eje,  $K_t$  es el factor de concentración de esfuerzos,  $N$  es el factor de diseño,  $M$  es el momento resultante,  $T$  es el torque,  $S'_n$  es la resistencia a la fatiga modificada y  $S_y$  es la resistencia a la tensión.

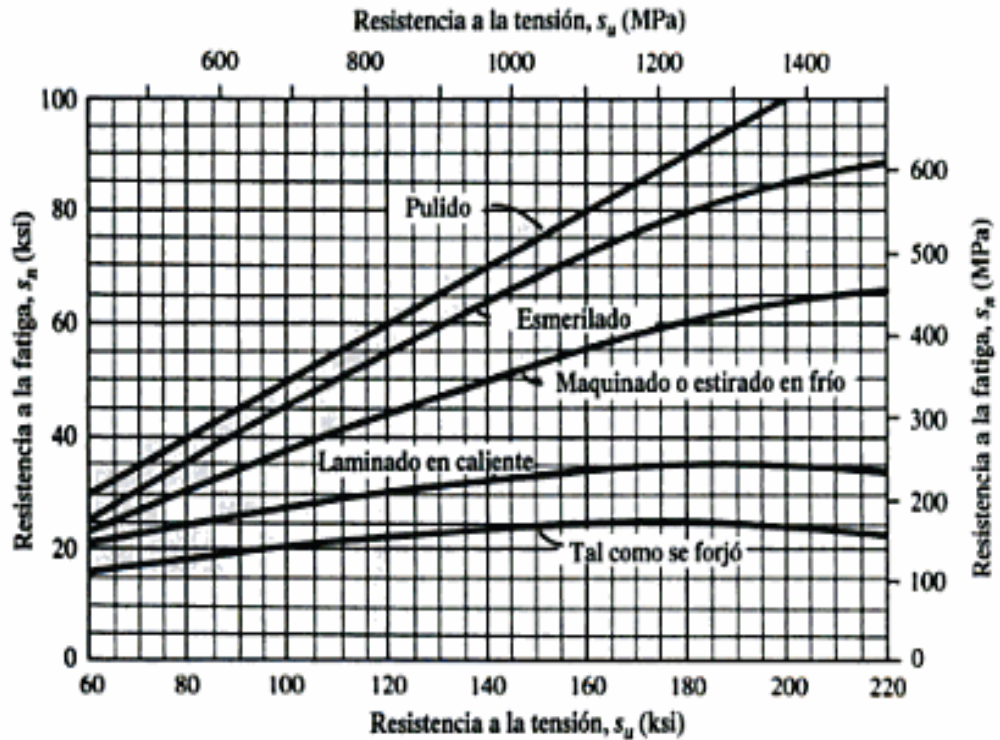
Resistencia a la fatiga moderada:

$$S'_n = S_n C_m C_{st} C_R C_s \quad \text{ecuación 42}$$

Donde  $S_n$  es la resistencia a la fatiga modificada,  $C_m$  es el factor de material,  $C_{st}$  es el factor de tipo de esfuerzo,  $C_R$  es el factor de confiabilidad y  $C_s$  es el factor de tamaño.

Resistencia a la fatiga  $S_n$  en función de la resistencia a la tensión, para aceros forjados con varias condiciones de superficies.

Figura 40. Resistencia a la fatiga  $S_n$  en función de la resistencia a la tensión, para aceros forjados con varias condiciones de superficies



Fuente: Diseño de elementos de maquinas, Mott

De la tabla anterior se tiene que la resistencia a la fatiga modificada  $S_n=175\text{MPa}$  para un acero tal como se forjó.

$C_m= 0.8$  (acero colado).

$C_{st}= 1$  (Para esfuerzo de flexión).

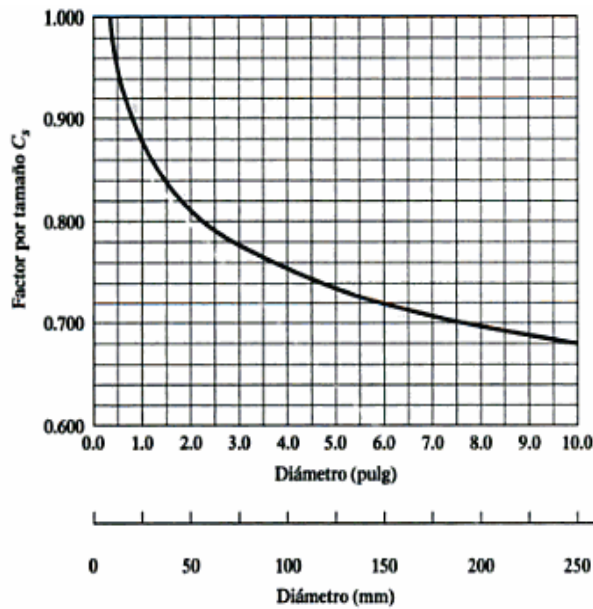
Figura 41. Factor de confiabilidad

Factores de confiabilidad aproximados $C_R$	
Confiabilidad descada $C_R$	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Fuente: Diseño de elementos de maquinas, Mott

$$C_R = 0.75$$

Figura 42. Factor de tamaño



**TABLA 5-2** Factores de tamaño

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para $D$ en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_S = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_S = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_S = 0.859 - 0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para $D$ en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859 - 0.000837D$

Fuente: Diseño de elementos de maquinas, Mott

Suponiendo un diámetro de eje de 2 in.  $C_s = 0.811$

$$S'_n = 175 * 0.8 * 1 * 0.75 * 0.811 = 85.155 \text{ MPa.}$$

$$S'_n = 85.155 \text{ MPa.}$$

$K_t = 1.5$  (chaflán bien redondeado)

$$S_y = 290 \text{ MPa.}$$

$N = 2$  (para diseños típicos de ejes).

$$T = 144.127 \text{ N.m.}$$

Acero AISI 1040 para los dos ejes.

✓ Diámetro en F

$$M_F = 84.58 \text{ N.m.}$$

$$D_F = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[ \left( \frac{1.5 * 84.58}{85.155 * 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{144.127}{290 * 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad \text{ecuación 43}$$

$$D_F = 3.16 \text{ cm.} = 1.24 \text{ in.}$$

✓ Diámetro en B

$$M_B = 41.91 \text{ N.m.}$$

$$D_B = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[ \left( \frac{1.5 * 41.91}{85.155 * 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{144.127}{290 * 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad \text{ecuación 44}$$

$$D_B = 2.59 \text{ cm.} = 1.02 \text{ in.}$$

✓ Diámetro en C

$$D_C = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[ \frac{3}{4} \left( \frac{144.127}{290 * 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad \text{ecuación 45}$$

$$D_C = 2.062 \text{ cm.} = 0.811 \text{ in.}$$

Se normaliza el eje a diámetro de 1.5 pulgadas.

### 3.1.6. Diseño y selección de cuñeros

El tipo más común de cuñas para ejes, hasta de 6 ½ pulgadas de diámetro, es la cuña cuadrada.

La siguiente tabla muestra las dimensiones preferidas de cuñas cuadradas (paralelas) en función del diámetro del eje, tal como se especifican en la norma ANSI B17.1-1967. El ancho es nominalmente la cuarta parte del eje.

Tabla 9. Tamaño de la cuña en función del diámetro del eje

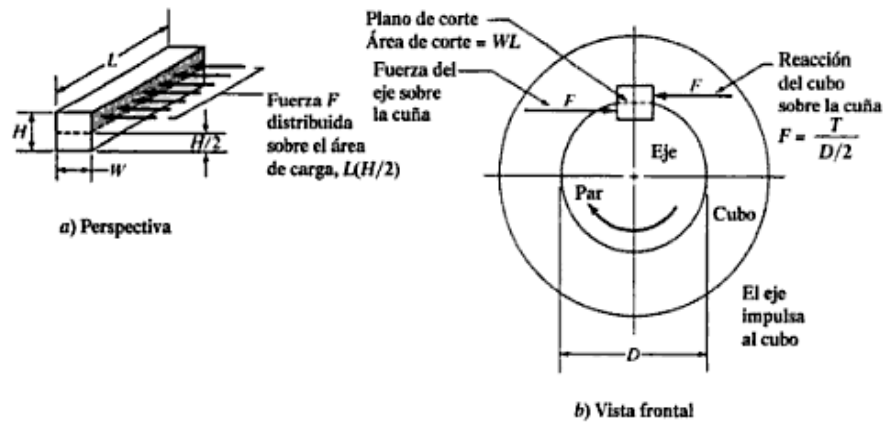
Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	
9/16	7/8	3/16	3/16	
7/8	1 ¼	1/4	1/4	
1 ¼	1 ½	5/16	5/16	
1 ½	1 ¾	3/8	3/8	
1 ¾	2 ¼	1/2	1/2	
2 ¼	2 ½	5/8	5/8	
2 ½	3 ¼	3/4	3/4	
3 ¼	3 ½	7/8	7/8	
3 ½	4 ½	1	1	
4 ½	5 ½	1 ¼	1 ¼	
5 ½	6 ½	1 ½	1 ½	
6 ½	7 ½	1 ¾		1
7 ½	9	2		
9	11	2 ¼		1
11	13	3		2
13	15	3 ½		2 ½
15	18	4		3
18	22	5		3 ½
22	26	6		4
26	30	7		5

Fuente: Norma ANSI B17.1-1967 (R98)

Las dimensiones están en pulgadas.

Los dos ejes tienen el mismo diámetro (  $D=1.5 \text{ in.} = 0.0381$  ).

Figura 43. Cuña cuadrada



Fuente: Fuente: Diseño de elementos de maquinas, Mott

Donde H es el ancho de la cuña y W es el alto de la misma para este caso  $H = W$ .

- ❖ Eje de acero AISI 1040  
 $S_y = 290$  MPa.
- ❖ Cuña de acero AISI 1020 laminado en caliente  
 $S_y = 207$  MPa.
- ❖ Cilindro de acero A 36  
 $S_y = 250$  MPa.

La cuña es el material más débil por tanto se utiliza la siguiente expresión para hallar la longitud ( $L$ ) mínima requerida por la cuña:

$$L = \frac{4TN}{DWS_y} \quad \text{ecuación 46}$$

Donde  $T$  es el torque de la transmisión,  $N$  es el factor de seguridad para esta aplicación industrial,  $D$  el diámetro del eje,  $W$  es el ancho de la cuña y  $S_y$  es el esfuerzo máximo a la tensión.

En aplicaciones industriales típicas  $N= 3$

$T= 144.127$  N.m.

$D= 0.0381$  m.

$S_y= 207$  MPa.

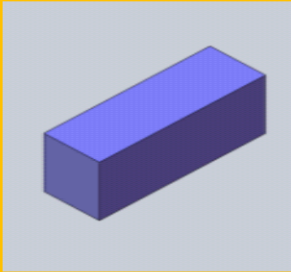
$$W = \frac{D}{4} \quad \text{ecuación 47}$$

$W= 0.009525$  m. = 9.525 mm.

Siendo  $L= (4*144.27*3)/(0.0381*0.009525*207*10^6) = 2.3*10^{-2}$  m.

$L=2.3*10^{-2}$ m = 2.3 cm. Esta es la longitud mínima que debe tener la cuña.

Tabla 10. Cálculo de Cuñas

CALCULO DE CUÑAS			
		$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$ $W = \frac{D}{4}$	
ITEM	NOM.	UNIDADES	VALOR
Torque	T	N.m	144,27
Factor de Seguridad	N		3
Diámetro	D	m	3,81E-02
Límite Elastico	Sy	Pa	2,07E+08
DATOS CALCULADOS			
Ancho de la Cuña	W	m	9,53E-03
Lomgitud Minima de la Cuña	L	m	0,02304608

Fuente: Los Autores

### 3.1.7. Diseño y selección de la transmisión

Este tipo de transmisión trabaja de acuerdo con el principio de engranaje. En las transmisiones por cadena que tienen el esquema de transmisión flexible abierta, el lugar de las poleas lo ocupan ruedas dentadas, y en lugar de la cinta flexible tenemos una cadena.

- ✓ Factor de servicio para cálculo de potencia de diseño. De tabla, para choques moderados y un impulsor que es un motor eléctrico **FS = 1.3**.

**Potencia de diseño** =  $1.3 * 1.54 = 2$  hp

- ✓ **Relación deseada**

Velocidad de entrada {  $n_1$  } = 200 rpm.

Velocidad de salida {  $n_2$  } debe estar entre 57-60 rpm.

Relación =  $200/58 = 3.448$

- ✓ Con la velocidad mínima de giro de la Catarina y la potencia de diseño calculada me dirijo a la siguiente tabla donde encontraré el tipo de lubricación para la cadena, el paso de la cadena y el número de dientes recomendado para la Catarina pequeña.

Tabla 11. Capacidades en caballos de fuerza-Cadena simple de rodillos número 40

Núm. de dientes	0.500 pulgadas de paso				Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/min																				
	10	25	50	100	180	200	300	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	9000
11	0.06	0.14	0.27	0.52	0.91	1.00	1.48	2.42	3.34	4.25	4.70	5.60	6.49	5.57	4.66	3.70	2.85	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50	0.00
12	0.06	0.15	0.29	0.56	0.99	1.09	1.61	2.64	3.64	4.64	5.13	6.11	7.09	6.34	5.31	4.22	3.25	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57	0.00
13	0.07	0.16	0.31	0.61	1.07	1.19	1.75	2.86	3.95	5.02	5.56	6.62	7.68	7.15	5.99	4.76	3.66	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.00	
14	0.07	0.17	0.34	0.66	1.15	1.28	1.88	3.08	4.25	5.41	5.98	7.13	8.27	7.99	6.70	5.31	4.09	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.00	
15	0.08	0.19	0.36	0.70	1.24	1.37	2.02	3.30	4.55	5.80	6.41	7.64	8.86	8.86	7.43	5.89	4.54	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.00	
16	0.08	0.20	0.39	0.75	1.32	1.46	2.15	3.52	4.86	6.18	6.84	8.15	9.45	9.76	8.18	6.49	5.00	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	0.00		
17	0.09	0.21	0.41	0.80	1.40	1.55	2.29	3.74	5.16	6.57	7.27	8.66	10.04	10.69	8.96	7.11	5.48	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	0.00		
18	0.09	0.22	0.43	0.84	1.48	1.64	2.42	3.96	5.46	6.95	7.69	9.17	10.63	11.65	9.76	7.75	5.97	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	0.00		
19	0.10	0.24	0.46	0.89	1.57	1.73	2.56	4.18	5.77	7.34	8.12	9.66	11.22	12.64	10.59	8.40	6.47	4.92	3.91	3.20	2.29	0.09	0.00		
20	0.10	0.25	0.48	0.94	1.65	1.82	2.69	4.39	6.07	7.73	8.55	10.18	11.81	13.42	11.44	9.07	6.99	5.31	4.22	3.45	2.47	0.00			
21	0.11	0.26	0.51	0.98	1.73	1.91	2.83	4.61	6.37	8.11	8.98	10.69	12.40	14.10	12.30	9.76	7.52	5.72	4.54	3.71	2.65	0.00			
22	0.11	0.27	0.53	1.03	1.81	2.01	2.96	4.83	6.68	8.50	9.40	11.20	12.99	14.77	13.19	10.47	8.06	6.13	4.87	3.98	2.85	0.00			
23	0.12	0.28	0.56	1.08	1.90	2.10	3.10	5.05	6.98	8.89	9.83	11.71	13.58	15.44	14.10	11.19	8.62	6.55	5.20	4.26	3.05	0.00			
24	0.12	0.30	0.58	1.12	1.98	2.19	3.23	5.27	7.28	9.27	10.26	12.22	14.17	16.11	15.03	11.93	9.18	6.96	5.54	4.54	0.87	0.00			
25	0.13	0.31	0.60	1.17	2.06	2.28	3.36	5.49	7.59	9.66	10.69	12.73	14.76	16.78	15.98	12.68	9.76	7.43	5.89	4.82	0.00				
26	0.13	0.32	0.63	1.22	2.14	2.37	3.50	5.71	7.89	10.04	11.11	13.24	15.35	17.45	16.95	13.45	10.36	7.88	6.25	5.12	0.00				
28	0.14	0.35	0.67	1.31	2.31	2.55	3.77	6.15	8.50	10.82	11.97	14.26	16.53	18.79	18.94	15.03	11.57	8.80	6.99	5.72	0.00				
30	0.15	0.37	0.72	1.41	2.47	2.74	4.04	6.59	9.11	11.59	12.82	15.28	17.71	20.14	21.01	16.67	12.84	9.76	7.75	6.34	0.00				
32	0.16	0.40	0.77	1.50	2.64	2.92	4.31	7.03	9.71	12.38	13.68	16.30	18.89	21.48	23.14	18.37	14.14	10.76	8.54	1.41	0.00				
35	0.18	0.43	0.84	1.64	2.88	3.19	4.71	7.69	10.62	13.52	14.96	17.82	20.67	23.49	26.30	21.01	16.17	12.30	9.76	0.00					
40	0.21	0.50	0.96	1.87	3.30	3.65	5.38	8.79	12.14	15.45	17.10	20.37	23.62	26.85	30.06	25.67	19.76	15.03	0.00						
45	0.23	0.56	1.08	2.11	3.71	4.10	6.08	9.89	13.66	17.39	19.24	22.92	26.57	30.20	33.82	30.63	23.58	5.53	0.00						

Tipo A: Lubricación manual o por goteo  
 Tipo B: Lubricación en baño o con disco  
 Tipo C: Lubricación con chorro de aceite

Fuente: American Chain Association, Naples, FL.

Fuente: American Chain Association, Naples FL.

Para una sola hilera, la cadena número 40, con  $p=1/2$  pulg. Con una Catarina de 22 dientes ( $N_1$ ), la capacidad es 2.01 hp., a 200 rpm. A esta velocidad se requiere lubricación tipo A (lubricación manual o por goteo).

✓ Cantidad necesaria de dientes de la rueda grande.

$$N_2 = N_1 * \text{relación} = 22(3.448) = 75.86$$

Utilizo el entero más cercano: 76

✓ Verifico velocidad de salida esperada.

$$n_2 = n_1 ( N_1/N_2 ) = 200(22/76) = 57.89 \text{ rpm.} \quad \textbf{Aceptable (57 – 60).}$$

✓ Diámetros de paso de las catarinas.

$$D_1 = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180}{N_1}\right)} \quad \text{ecuación 48}$$

$$D_1 = 0.5/\text{sen}(180/22) = 3.51 \text{ in.}$$

$$D_1 = 3.51 \text{ in.} = 8.923 \text{ cm.}$$

$$D_2 = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{180}{N_2}\right)} \quad \text{ecuación 49}$$

$$D_2 = 0.5/\text{sen}(180/76) = 12.01 \text{ in.}$$

$$D_2 = 12.01 \text{ in.} = 30.732 \text{ cm.}$$

Donde  $D_1$  es el diámetro de la Catarina pequeña,  $D_2$  es el diámetro de la Catarina grande y  $P$  es el paso de la cadena.

✓ Distancia entre centros nominal.

Se utiliza la parte media del intervalo recomendado, 40 pasos.

$$C = 40 \text{ pasos} = 20 \text{ in.}$$

Donde  $C$  es la distancia entre centros.

- ✓ Longitud necesaria de la cadena en pasos.

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4C\pi^2}$$

ecuación 50

Donde  $L$  es la longitud de la cadena,  $N_1$  cantidad de dientes de Catarina pequeña y  $N_2$  cantidad de dientes de la catarina grande.

$$L = 2(40) + (76+22)/2 + (76-22)^2/4\pi^2(40) = 130.846 \text{ pasos}$$

$$L = 130.846 \text{ pasos} = 65.423 \text{ in.}$$

- ✓ Se especifica un número par de pasos y se calcula la distancia teórica entre centros.

Se usará **130 pasos**, un número par.

$$C = \frac{1}{4} \left[ L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[ L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

ecuación 51

$$L=130 \text{ pasos.}$$

$$N_1=22$$

$$N_2=76$$

$$C= 45.272 \text{ pasos} = 45.272(0.5)= 22.636 \text{ pulgadas}$$

$$C= 22.636 \text{ in.}$$

- ✓ Angulo de contacto de la cadena en cada catarina.

❖ Para catarina pequeña:

$$\theta_1 = 180 - 2 \sin^{-1} \left[ \frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

ecuación 52

El arco de contacto  $\theta_1$  de la cadena en la catarina menor debe ser mayor que  $120^\circ$ .

❖ Para catarina grande:

$$\theta_2 = 180 + 2 \sin^{-1} \left[ \frac{D_2 - D_1}{2C} \right] \quad \text{ecuación 53}$$

$D_1 = 3.51$  in.

$D_2 = 12.01$  in.

$C = 22.636$  in.

$\theta_1 = 158.36^\circ$ .

$\theta_2 = 201.64^\circ$ .

Donde  $\theta_1$  es el arco de contacto de la cadena en la Catarina menor y  $\theta_2$  es el arco de contacto en la catarina mayor.

### **Resumen del diseño**

Paso: cadena # 40; paso= 0.5 in.

Longitud de cadena = 130 pasos =  $130(0.5) = 65$  in.

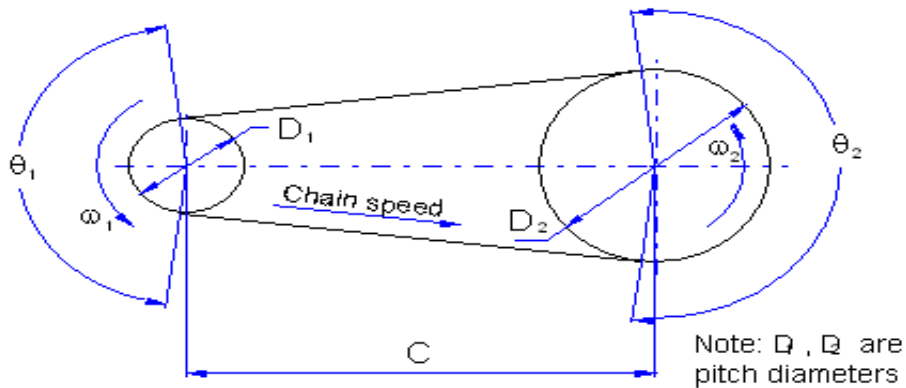
Distancia entre centros:  $C = 22.636$  in. (máxima).

Catarinas: hilera simple, número 40 y paso=0.5 in..

Catarina pequeña:  $N_1 = 22$  dientes;  $D_1 = 3.51$  in.

Catarina grande:  $N_2 = 76$  dientes;  $D_2 = 12.01$  in.

Figura 44. Nomenclatura transmisión



Fuente: Programa MDESIGN, Mott.

❖ Comparación de resistencia teórica y real de la cadena

El torque necesario para el funcionamiento de nuestro molino es  $T_2= 144.11$  N.m.

Con el torque  $T_2$  calculamos la fuerza a la que está sometida nuestra cadena con la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{T}{D/2} \quad \text{ecuación 54}$$

$T_2= 144.11$  N.m.

$D_2= 12.01$  in. =0.305054 m.

$F_c= 944.82$  N. =212.4 lbf.

$F_c= 212.4$  lbf.


Ahora procedemos a comparar el valor obtenido con una tabla de referencia de tamaño de cadenas de rodillos donde se encuentra entre otros la resistencia promedio de la cadena seleccionada, que para nuestro es la cadena número 40 cumpliendo así con nuestros requerimientos de diseño.

Tabla 12. Tamaño de cadenas de rodillos

Número de cadena	Paso (pulg)	Diámetro del rodillo	Ancho del rodillo	Espesor de placa lateral	Resistencia promedio a la tensión (lb)
25	1/4	Ninguno	-	0.030	925
35	3/8	Ninguno	-	0.050	2100
41	1/2	0.306	0.250	0.050	2000
40	1/2	0.312	0.312	0.060	3700
50	5/8	0.400	0.375	0.080	6100
60	3/4	0.469	0.500	0.094	8500
80	1	0.626	0.625	0.125	14 500
100	1¼	0.750	0.750	0.156	24 000
120	1½	0.875	1.000	0.187	34 000
140	1¾	1.000	1.000	0.219	46 000
160	2	1.125	1.250	0.250	58 000
180	2¼	1.406	1.406	0.281	80 000
200	2½	1.562	1.500	0.312	95 000
240	3	1.875	1.875	0.375	130 000

Fuente: Diseño de elementos de máquinas, Mott.

Tabla 13. Cálculo de transmisión por cadena

CALCULO DE TRANSMISION			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: right;"> <math display="block">D_1 = \frac{P}{\sin\left(\frac{180}{N_1}\right)}</math> <math display="block">D_2 = \frac{P}{\sin\left(\frac{180}{N_2}\right)}</math> <math display="block">F = \frac{P}{D_2 * 0,0254}</math> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <math display="block">c = 40 * p</math> <math display="block">L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4C\pi^2}</math> <math display="block">\theta_1 = 180 - 2 \sin^{-1} \left[ \frac{D_2 - D_1}{2C} \right]</math> <math display="block">\theta_2 = 180 + 2 \sin^{-1} \left[ \frac{D_2 - D_1}{2C} \right]</math> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <math display="block">P_d = P * F.S.</math> <math display="block">n = \frac{V_2}{V_1}</math> <math display="block">N_2 = N_1 * n</math> </div>			
ITEM	NOM.	UNID.	VALOR
Potencia	P	H.P.	1,54
Factor de Servicio	F.S.		1,3
Velocidad de Entrada	V1	rpm	200
Velocidad de Salida	V2	rpm	58
Dientes Catarina Conductor	N1		22
Paso	p	in.	0,50
Torque	T	N.m	144,11
DATOS CALCULADOS			
Potencia de Diseño	Pd	H.P.	2,002
Relación de Transmisión	n		3,45
Dientes Catarina Conducida	N2		76
Diametro Catarina Conductor	D1	in.	3,51333709
Diametro Catarina Conducida	D2	in.	12,0992211
Distancia entre Centros	c	in.	20
Longitud de la Cadena	L	pasos	131
Arco de Contacto en Catarina Conductor	θ1	grados	155,210351
Arco de Contacto en Catarina Conducida	θ2	grados	204,789649
Fuerza en la Cadena	F	N	937,84914

Fuente: Los Autores

### 3.1.8. Diseño de uniones soldadas

El material a soldar es grado ASTM A36

El tipo de soldadura a utilizar para esta aplicación es soldadura por chaflán.

Figura 45. Ilustración de Soldadura



Fuente: Diseño de elementos de Maquinas, Mott.

Las soldaduras de chaflán son hechas en forma de triángulos rectángulos de catetos iguales, en el caso típico, y el tamaño de la soldadura es la longitud del cateto<sup>1</sup>.

La siguiente tabla contiene datos sobre el esfuerzo cortante admisible y la fuerza admisible por pulgada, para algunas combinaciones de metal base y electrodo de soldadura.

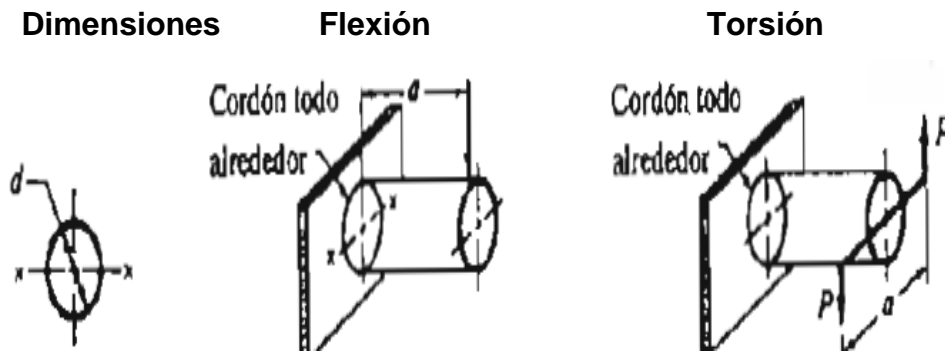
Tabla 14. Esfuerzos cortantes y fuerzas sobre soldaduras

Grado ASTM del metal base	Electrodo	Esfuerzo cortante admisible	Fuerza admisible por pulgada de lado
Estructuras de edificios:			
A36, A441	E60	13 600 psi	9600 lb/pulg
A36, A441	E70	15 800 psi	11 200 lb/pulg
Estructuras de puentes			
A36	E60	12 400 psi	8800 lb/pulg
A441, A242	E70	14 700 psi	10 400 lb/pulg

Fuente: Elementos de Maquinas, Mott

Factor geométrico para el análisis de soldadura:

Figura 46. Tipos de carga a los cuales se somete la soldadura



Fuente: Diseño de elementos de maquinas, Mott.

Con las siguientes expresiones se hace el análisis geométrico de la soldadura.

Dimensiones de la soldadura:

$$A_w = \pi d \quad \text{ecuación 55}$$

Flexión:

$$S_w = \pi (d^2/4) \quad \text{ecuación 56}$$

Torsión:

$$J_w = \pi (d^3/4) \quad \text{ecuación 57}$$

Donde  $A_w$ ,  $S_w$  y  $J_w$  son los factores geométricos de la soldadura.

$d = 16$  in.

$$A_w = \pi * 16 = 50.265 \text{ in}$$

$$S_w = \pi (16^2/4) = 201.062 \text{ in}^2$$

$$J_w = \pi (16^3/4) = 3216.99 \text{ in}^3$$

Del cálculo de potencia:

$$T = 144.127 \text{ N.m} = 1275.63 \text{ Lb.in.}$$

Fuerza de torsión ( $f_t$ ):

$$f_t = \frac{T * C}{J_w} \quad \text{ecuación 58}$$

Distancia del eje neutro a la fibra más lejana  $C = 8$  in.

$$f_t = (1275.63 * 8) / 3216.99 = 3.17 \text{ lbf/in.}$$

Fuerza de Flexión

Del diagrama de momento se tiene:

$$\text{Momento en x } M_x = 39.5928 \text{ N.m.} = 350.425 \text{ lbf.in}$$

$$\text{Momento en y } M_y = 95.19 \text{ N.m.} = 842.502 \text{ lbf.in}$$

El momento resultante  $M_R$  es:

$$M_R = (M_x^2 + M_y^2)^{1/2} \quad \text{ecuación 59}$$

$$M_R = (350.425^2 + 842.502^2) = 912.473 \text{ lbf.in}$$

Fuerza de flexión ( $f_b$ ):

$$f_b = \frac{M_R}{S_w} \quad \text{ecuación 60}$$

$$S_w = \pi (d^2/4)$$

$$S_w = \pi (16^2/4) = 201.06 \text{ in}^2$$

$$f_b = 912.473/201.06 = 4.53 \text{ lbf/in}$$

$$f_b = 4.53 \text{ lbf/in.}$$

Se calcula la fuerza resultante ( $f_R$ )

$$f_R = (f_t^2 + f_b^2)^{1/2} \quad \text{ecuación 61}$$

$$f_R = (3.174^2 + 4.53^2)^{1/2} = 5.538 \text{ lb/in}$$

$$f_R = 5.538 \text{ lb/in.}$$

Ahora se compara este valor con la fuerza admisible para una pulgada de cordón.

$$W = \frac{5.538 \frac{\text{lb}}{\text{in}}}{9600 \frac{\text{lb}}{\text{in por in de cateto}}}$$

$$W = 5.769 \cdot 10^{-4} \text{ in.}$$

Tamaños mínimos de cordón para placas gruesas:

Tabla 15. Tamaños mínimos de soldadura según el espesor de la placa


Espesor de la placa (pulg)	Tamaño máximo del lado, para soldaduras de chaflán (pulg)
$\leq 1/2$	3/16
$> 1/2 - 3/4$	1/4
$> 3/4 - 1\frac{1}{2}$	5/16
$> 1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2}$	3/8
$> 2\frac{1}{2} - 6$	1/2
$> 6$	5/8

Fuente: Diseño de Elementos de Maquinas, Mott.

El tamaño recomendado para este espesor de placa es  $W = 3/16$  in. En este caso se tiene un factor de seguridad  $F_s$ :

$$F_s = 0.1875 \text{ in} / 5.769 \cdot 10^{-4} \text{ in.} = 325$$

Tabla 16. Cálculo de Uniones Soldadas

CALCULO DE UNIONES SOLDADAS			
	$A_w = \pi * d$	$f_b = \frac{M_R}{S_w}$	
	$S_w = \pi * (d^2 / 4)$	$f_r = \sqrt{(f_t^2 + f_b^2)}$	
	$J_w = \pi * (d^3 / 4)$	$W = \frac{f_r}{f_{ad}}$	
	$f_t = \frac{T * C}{J_w}$	$N = \frac{W_{re}}{W}$	
	$M_r = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)}$		
ITEM	NOM.	UNID.	VALOR
Diametro	d	in.	16
Torque	T	lb - in.	1276,454
Distancia a Fibra mas Lejana	c	in.	8
Momento en "x"	Mx	lb - in.	350,425
Momento en "y"	My	lb - in.	842,502
Fuerza Admisible por pulgada	f <sub>ad</sub>	lb - in.	9600
Espesor Recomendado	W <sub>re</sub>	in.	0,1875
DATOS CALCULADOS			
Factor Geometrico para Flexión	S <sub>w</sub>	in.2	201,06193
Factor Geometrico para Torsión	J <sub>w</sub>	in.3	3216,99088
Fuerza de Torsión	f <sub>t</sub>	lb - in.	3,17428068
Momento Resultante	M <sub>r</sub>	lb - in.	912,473178
Fuerza de Flexión	f <sub>b</sub>	lb - in.	4,53826927
Fuerza Resultante	f <sub>r</sub>	lb - in.	5,53822588
Espesor Necesario de Soldadura	W	in.	0,0005769
Factor de Seguridad	N		325,013829

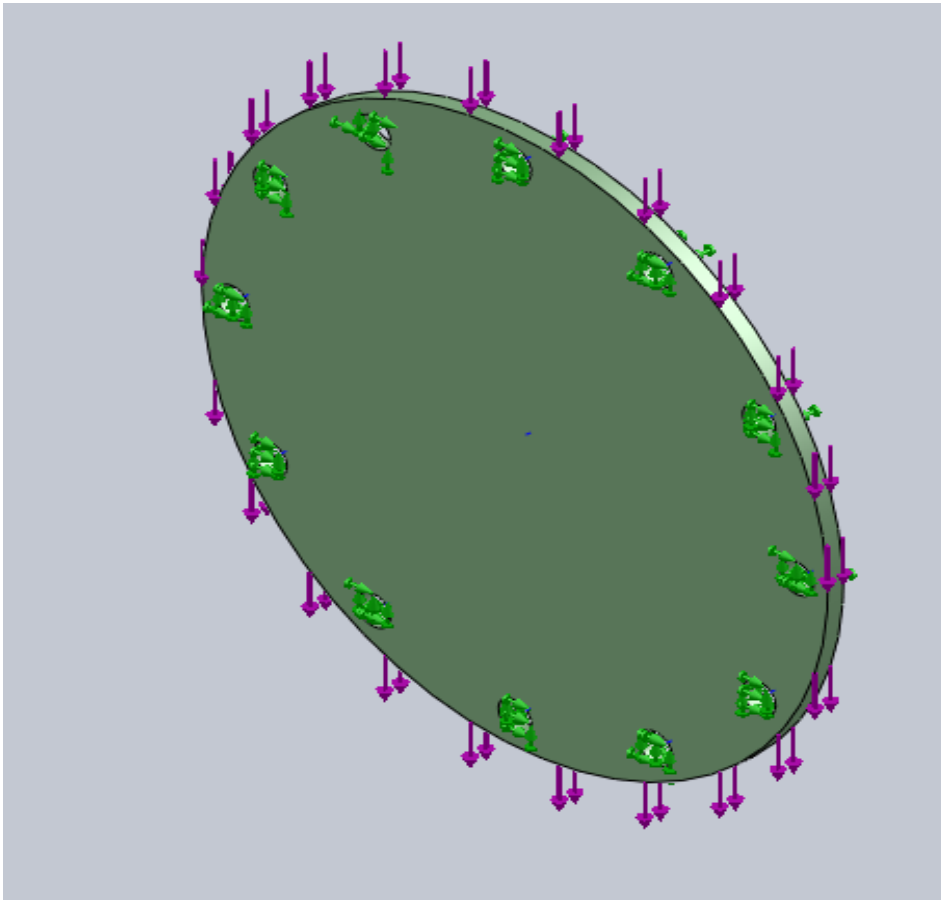
Fuente: Los Autores.

### 3.1.9. Análisis estático de la tapa brida

Un elemento muy importante es la tapa brida, que brinda un fácil desmontaje de la cámara cilíndrica para un cambio o mantenimiento, para asegurarnos de su utilidad, validamos en la herramienta cosmos su resistencia sometiéndola al esfuerzo cortante obtenido.

$$F_{\text{cort}} = 1063,17 \text{ New.}$$

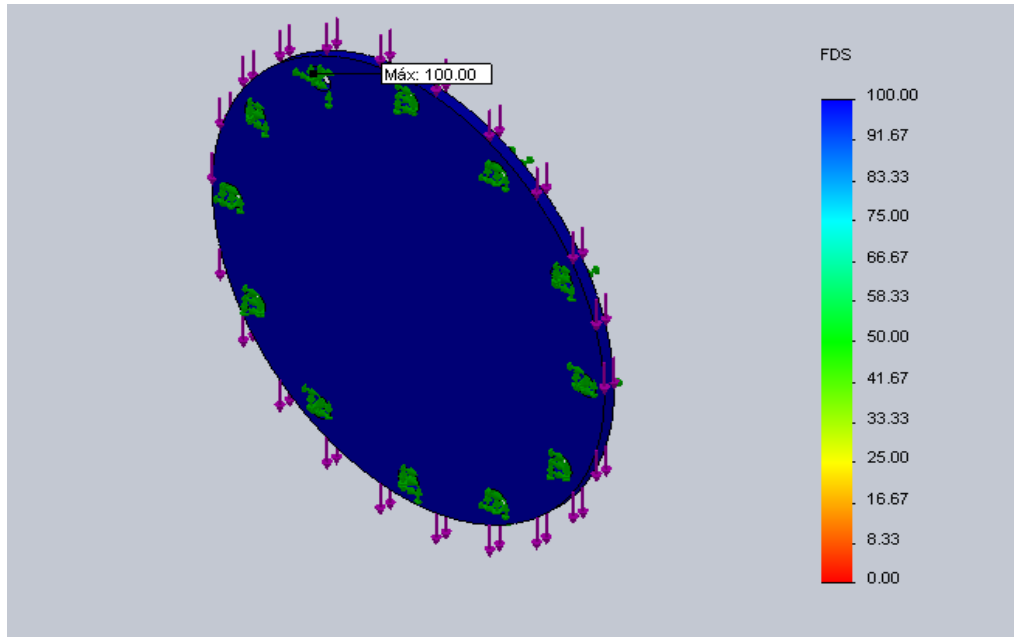
Figura 47. Sujeciones y carga a la que se encuentra sometida la tapa brida



Fuente: Los Autores

Al realizar el correspondiente mallado y obtener resultados, ilustramos a continuación el factor de seguridad obtenido para el análisis de la tapa brida

Figura 48. Factor de seguridad para la tapa brida



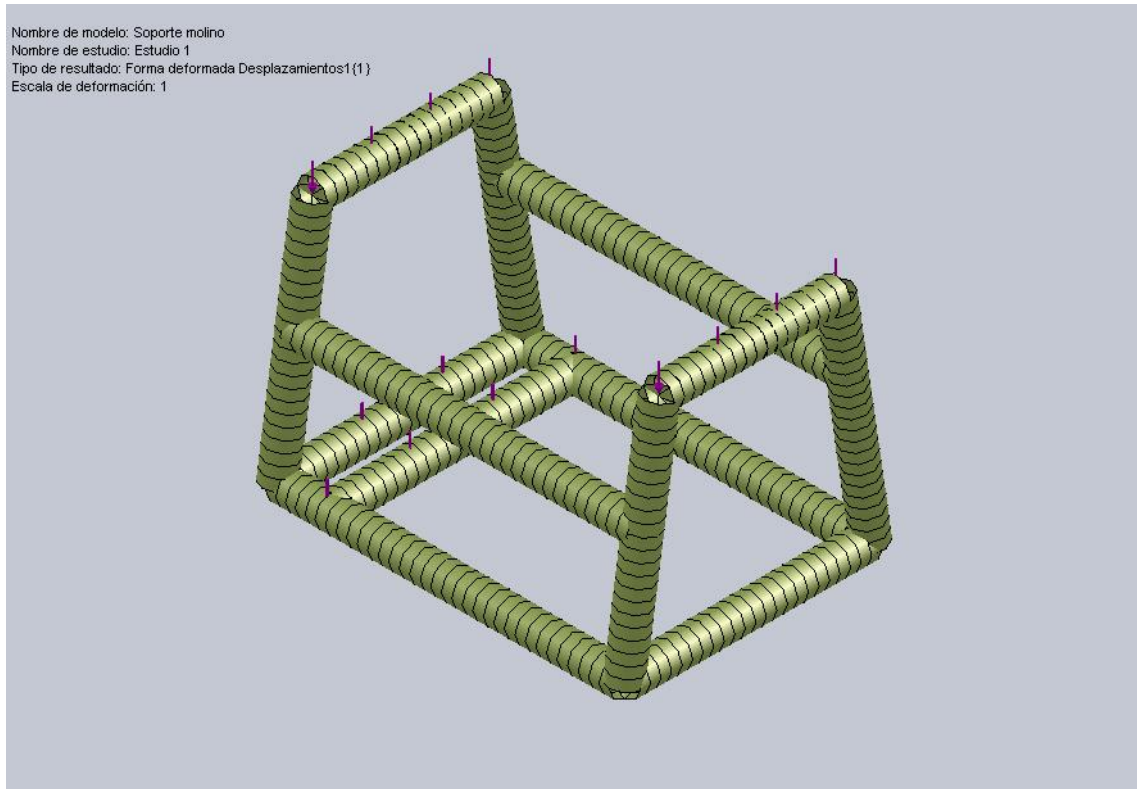
Fuente: Los Autores

Observamos un factor de seguridad valido, es este caso utilizamos este espesor por la facilidad de su obtención.

### 3.1.10. Análisis estático del soporte

Por último confirmamos el comportamiento del soporte del molino, en este caso sometemos el mismo a diferentes cargas, como son el peso total de la maquina distribuido en los apoyos de los rodamientos y el peso del motorreductor ubicado en el soporte especialmente diseñado para su sostenimiento.

Figura 49. Fuerzas aplicadas a la estructura de la máquina para análisis estático



Fuente: Los Autores

$$F_{\text{molino}} = 3430 \text{ New.}$$

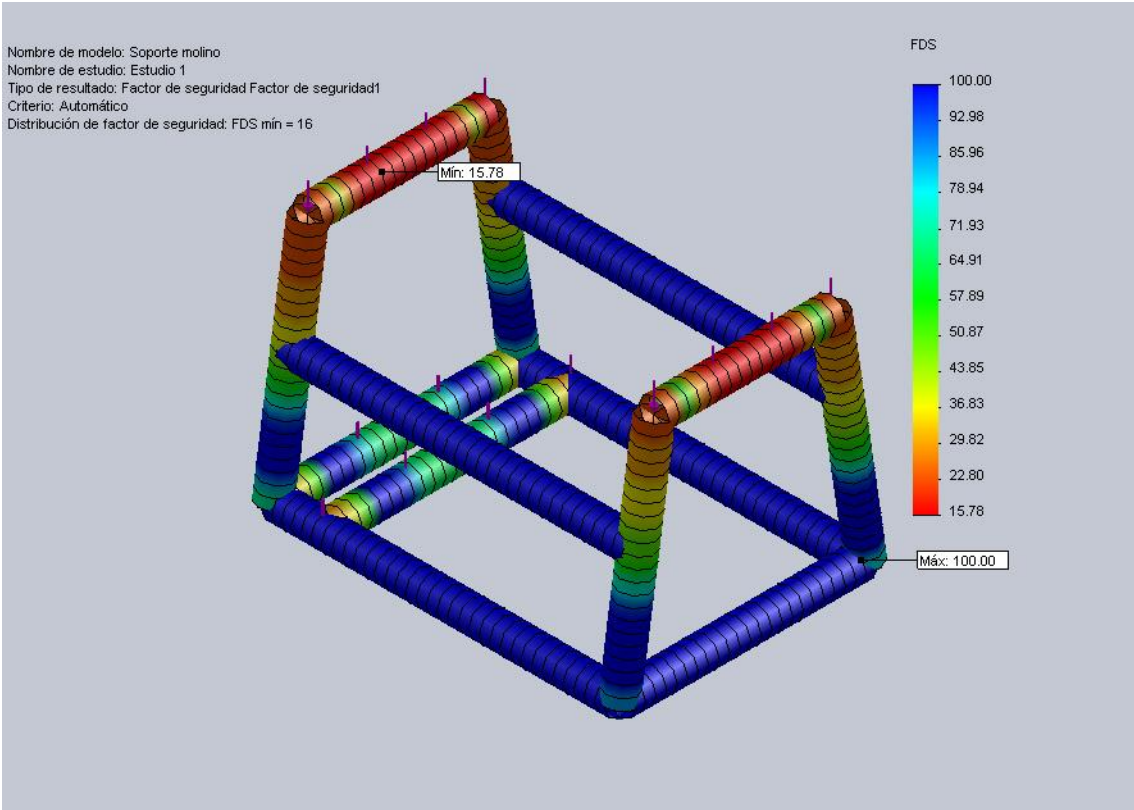
Peso del Molino

$$F_{\text{mot}} = 205,8 \text{ New.}$$

Peso del Motorreductor

Como resultado del análisis del soporte obtenemos un factor de seguridad cercano a 16, más que bueno para nuestro caso, a continuación ilustramos la situación del estudio:

Figura 50. Factor de seguridad obtenido en el soporte del molino



Fuente: Los Autores

## **3.2. EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL**

### **3.2.1. Documentación basada en equipos similares**

En esta etapa investigativa recurrimos a fuentes de información como las ferreterías que venden equipos rotativos como mototool, taladros, ruteadoras.

Las cortadoras de baldosas también nos ayudaron en el brainstorming del cual se desarrolló este equipo.

A continuación se ilustran los equipos que sirvieron como ideas principales para la evolución del equipo de remoción de material.

#### **❖ Ruteadora**

Este equipo es una pequeña fresadora vertical utilizada para madera, permite fijar una guía que le ayuda a desplazarse a través de la trayectoria deseada; existen dos clases: la primera incluye el motor accionador de la herramienta de desbaste (Figura Ruteadora DeWalt) y la segunda es básicamente un soporte para mototool que se vale de una regleta – soporte que le permite una mayor fijación al elemento a maquinar (Figura Ruteadora Dremel).

Ambas ruteadoras permiten ajustar la profundidad de acción de la herramienta, sin embargo utilizan mecanismos diferentes para lograr el mismo objetivo; la ruteadora DeWalt lo hace con un anillo de ajuste que permite desplazar hacia abajo el motor y la Ruteadora Dremel posee un par de resortes que accionados manualmente y bloqueados a la distancia deseada con un par de tornillos ajustan la operación a la profundidad requerida.

Figura 51. Ruteadora DeWalt



Fuente: [www.dewalt.com.co](http://www.dewalt.com.co)

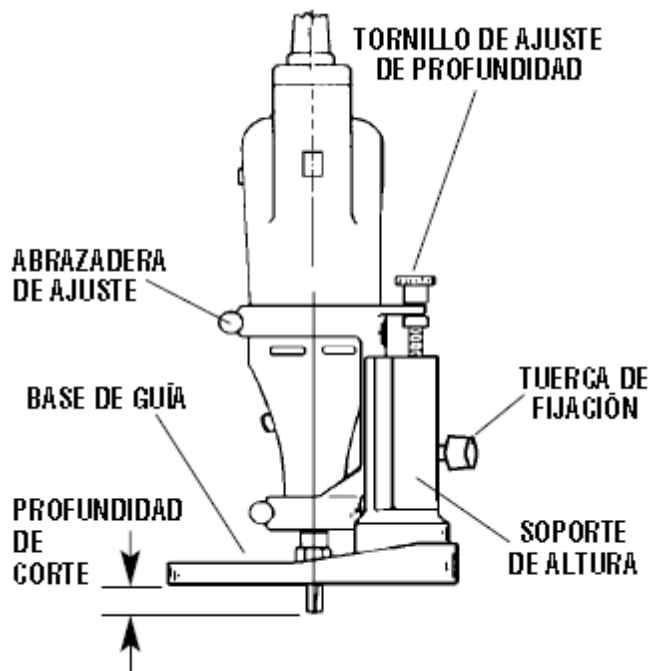
Figura 52. Ruteadora Dremel 335



Fuente: [www.dremel.com](http://www.dremel.com)

Otra referencia de ruteadora Dremel utiliza un mecanismo telescópico para el ajuste de altura en la fresadora (Figura Sistema de Ajuste de Altura en Ruteador Dremel 330). Posee un soporte de altura en el cual se desliza el sistema de abrazadera de ajuste; para definir la profundidad de corte se acciona la tuerca de fijación y el tornillo de ajuste de profundidad.

Figura 53. Sistema de Ajuste de Altura en Ruteador Dremel 330



Fuente: [www.dremel.com](http://www.dremel.com)

❖ Cortador de círculos y guía de bordes rectos

Este complemento para motool desarrollado por Dremel se basa en dos principios básicos de dibujo, el compás y el movimiento de dos planos paralelos, sus funciones básicas son permitir el movimiento circular respecto de un centro y lineal paralelo a un plano, de la herramienta rotativa soportada en un extremo del mecanismo.

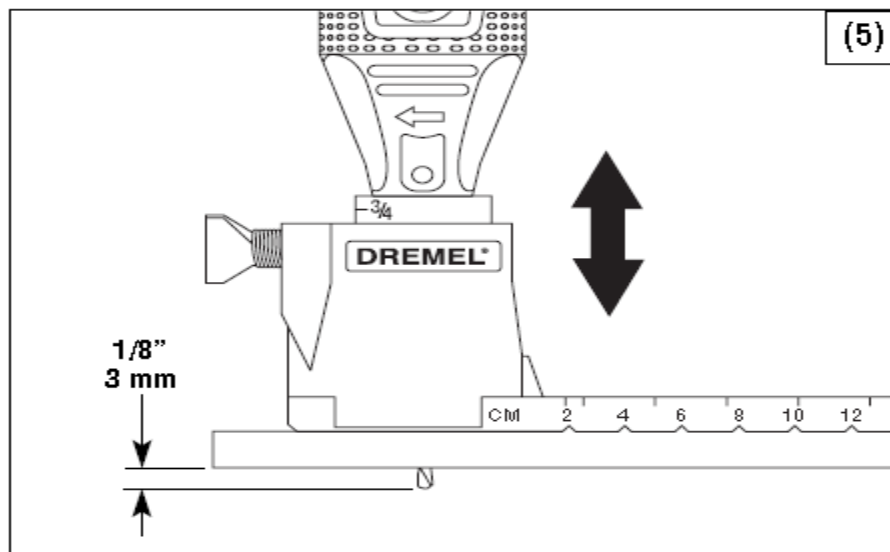
Figura 54. Cortador de Círculos y Guía de Bordes Rectos Dremel



Fuente: [www.dremel.com](http://www.dremel.com)

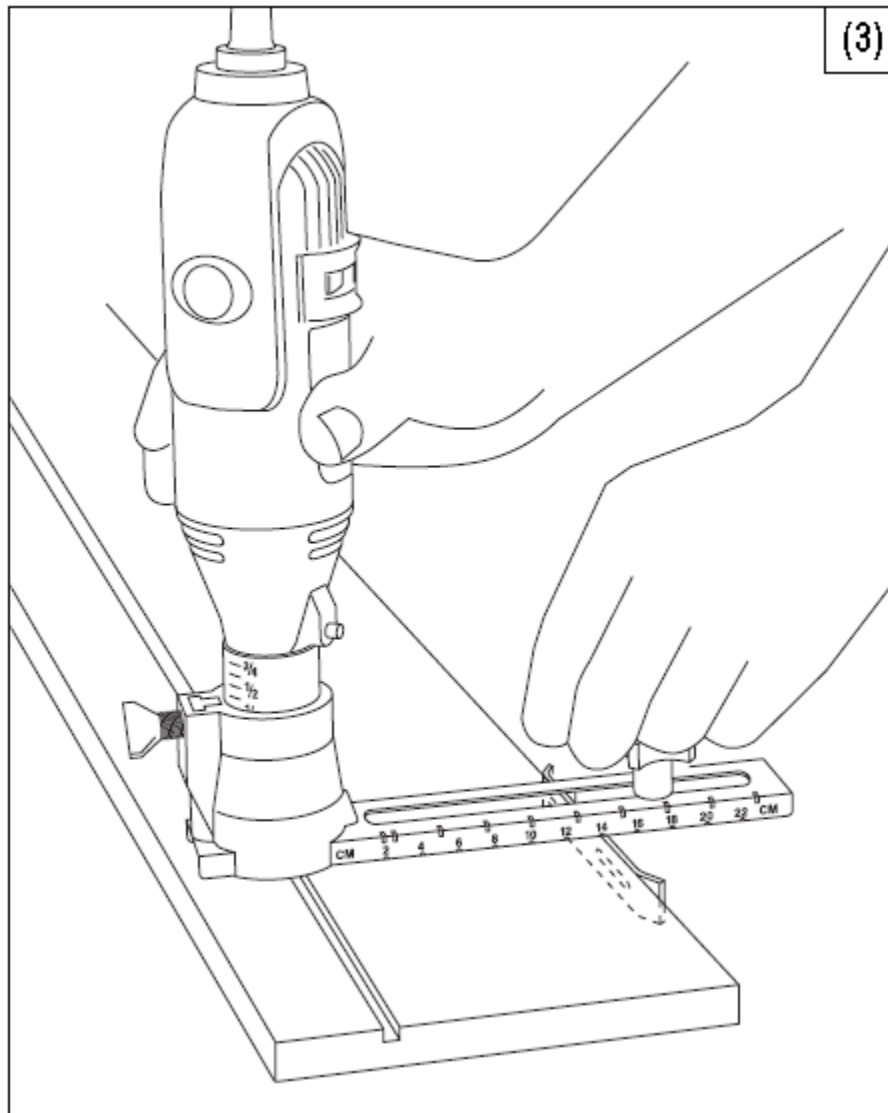
El soporte sobre el cual se ubicara el mototool posee un sistema de ajuste de profundidad, similar al de la ruteadora Dremel 330 muy sencillo de accionar, práctico y eficiente.

Figura 55. Sistema de ajuste de Altura



Fuente: [www.dremel.com](http://www.dremel.com)

Figura 56. Método de uso para Guía de Borde Recto Dremel



Fuente: [www.dremel.com](http://www.dremel.com)

#### ❖ Corta Baldosas

Este valioso y práctico equipo es muy utilizado en el campo de la construcción, consta básicamente de un cortafrío con una guía, algunos traen un señalizador de ángulo. Su operación es simple, se ubica el azulejo o baldosa sobre la superficie inferior, se ubica y desliza la cuchilla por donde se desea realizar la incisión,

debido a este concentrador de esfuerzos, fácilmente podemos separar las partes con un poco de presión vertical, ejercida por una pequeña palanca, el funcionamiento se ilustra en las siguiente graficas.

Figura 57. Cortafrío del Corta Baldosas



Fuente: [www.hogarutil.com](http://www.hogarutil.com)

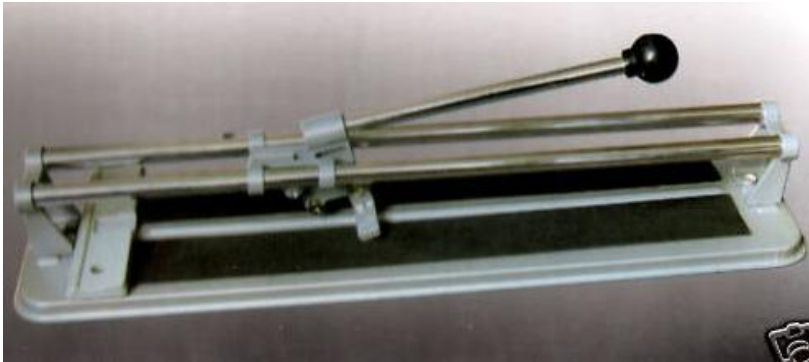
Figura 58. Palanca Separadora en Corta Baldosas



Fuente: [www.hogarutil.com](http://www.hogarutil.com)

El subsistema más llamativo para nuestro propósito es el sistema de guía, fácil de montar, de sencilla operación y prácticamente nulo mantenimiento.

Figura 59. Sistema de Guía en Corta Baldosas



Fuente: [www.ebay.es](http://www.ebay.es)

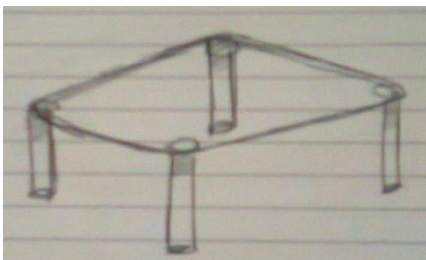
### 3.2.2. Identificación de Subsistemas

Al hacer un estudio sobre los equipos similares existentes, realizamos un brainstorming del cual extraemos las ideas principales para continuar con el proceso de diseño, encontramos que era necesario dividir el equipo en subsistemas funcionales, para desarrollar un orden estratégico de solución, así obtuvimos los siguientes:

#### 3.2.2.1 Subsistema de Soporte

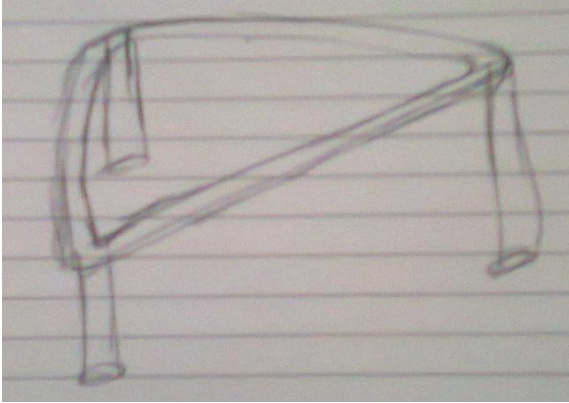
Es el encargado de mantener fijo y estable todas las partes del equipo, está constituido de elementos portátiles, de fácil sujeción y desacople al suelo.

Figura 60. Idea 1 de subsistema de soporte en Brainstorming



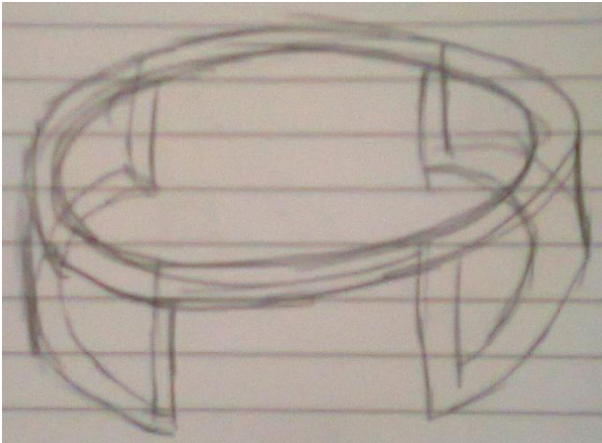
Fuente: Los Autores

Figura 61. Idea 2 de subsistema de soporte en Brainstorming



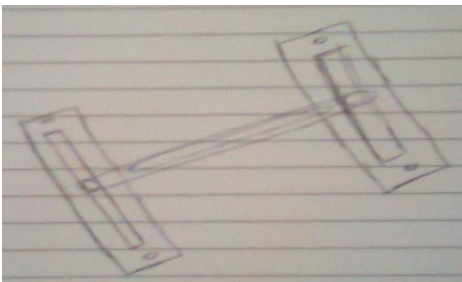
Fuente: Los Autores

Figura 62. Idea 3 de subsistema de soporte en Brainstorming



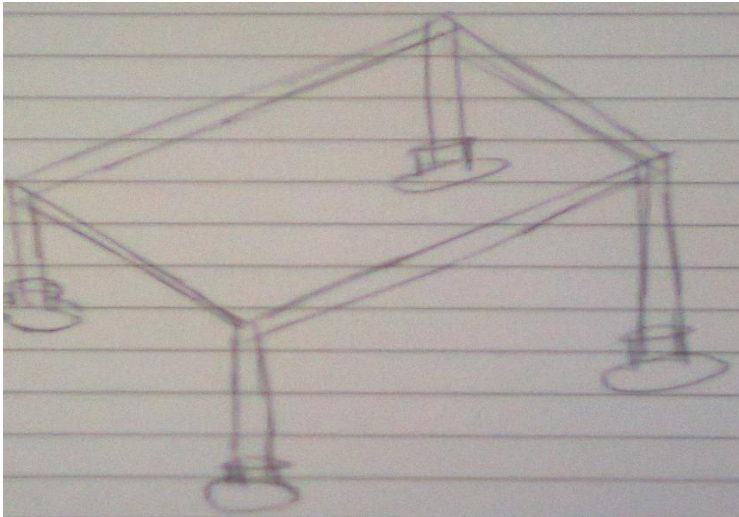
Fuente: Los Autores

Figura 63. Idea 4 de subsistema de soporte en Brainstorming



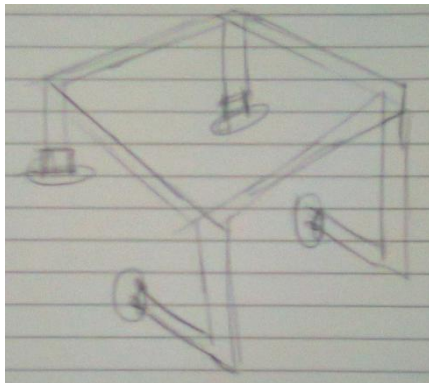
Fuente: Los Autores

Figura 64. Idea 5 de subsistema de soporte en Brainstorming



Fuente: Los Autores

Figura 65. Idea 6 de subsistema de soporte en Brainstorming

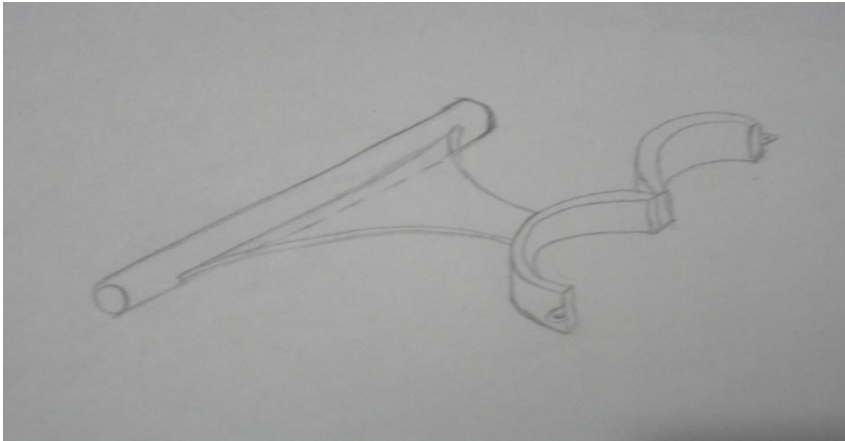


Fuente: Los Autores

### 3.2.2.2 Subsistema de Apoyo para mototool

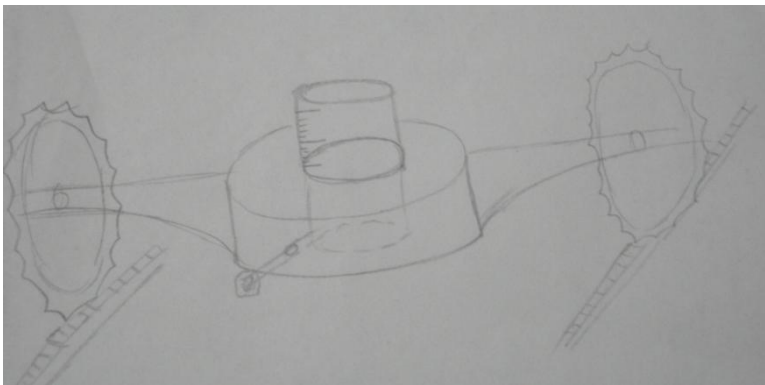
Este elemento me fijara el mototool al subsistema de soporte, me permitirá desplazarlo a su ancho y deberá generar pocas vibraciones para obtener un pulido dentro de los límites de la cinta antideslizante.

Figura 66. Idea 1 de subsistema de apoyo en Brainstorming



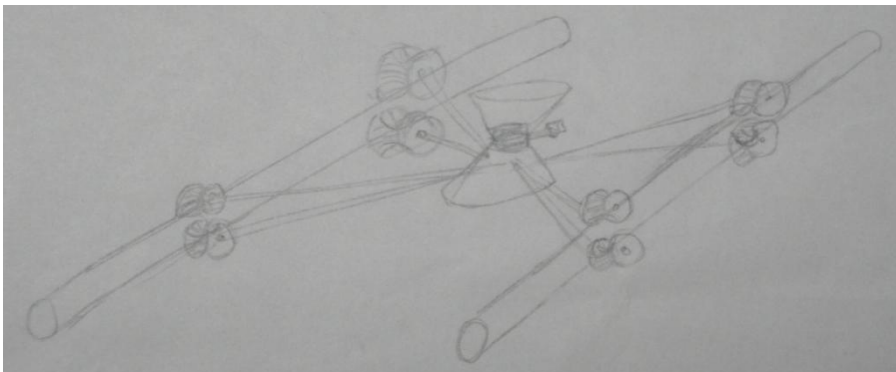
Fuente: Los Autores

Figura 67. Idea 2 de subsistema de apoyo en Brainstorming



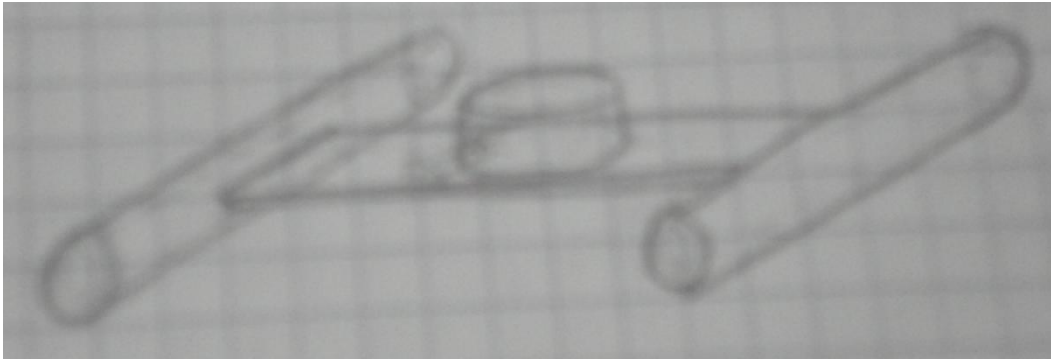
Fuente: Los Autores

Figura 68. Idea 3 de subsistema de apoyo en Brainstorming



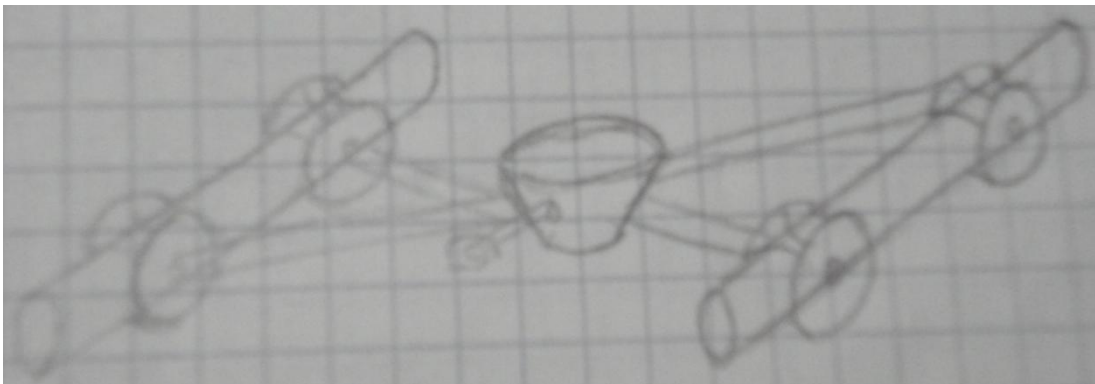
Fuente: Los Autores

Figura 69. Idea 4 de subsistema de apoyo en Brainstorming



Fuente: Los Autores

Figura 70. Idea 5 de subsistema de apoyo en Brainstorming



Fuente: Los Autores

### 3.2.3. Diseño del subsistema de Soporte

Este proceso se desarrolló a partir de las ideas generadas en el brainstorming, se realizó una evaluación de Q.F.D. ilustrada a continuación:

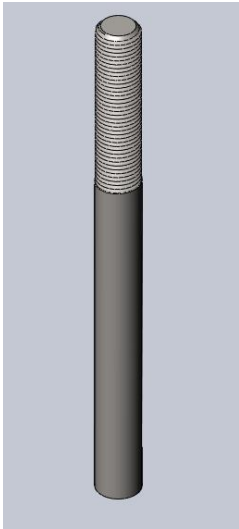
Tabla 17. Q. F. D. del subsistema de soporte

TABLA			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4		Alternativa 5		Alternativa 6		
Criterios de evaluación	Parámetros	Pi	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	
Dimensiones	0,178	Estándar	0,56	2	0,19936	2	0,19936	1	0,09968	2	0,19936	2	0,19936	4	0,39872
		Capacidad	0,44	1	0,07832	1	0,07832	3	0,23496	1	0,07832	3	0,23496	4	0,31328
Mecanismo sencillo	0,197	Económico	0,26	3	0,15366	2	0,10244	1	0,05122	2	0,10244	3	0,15366	5	0,2561
		Versátil	0,28	4	0,22064	3	0,16548	2	0,11032	2	0,11032	2	0,11032	4	0,22064
		Operación	0,23	1	0,04531	2	0,09062	2	0,09062	3	0,13593	2	0,09062	4	0,18124
		Mantenimiento	0,23	2	0,09062	4	0,18124	2	0,09062	2	0,09062	2	0,09062	3	0,13593
Costo del Equipo	0,215	Resistencia a vibraciones	0,44	3	0,2838	1	0,0946	2	0,1204	2	0,1204	2	0,1204	5	0,473
		Anticorrosivo	0,19	2	0,0817	2	0,0817	3	0,12255	2	0,0817	3	0,12255	4	0,1634
		Vida útil prolongada	0,37	1	0,07955	3	0,23865	3	0,34185	3	0,34185	4	0,4558	4	0,4558
Vibraciones	0,265	Ruido	0,22	2	0,1166	1	0,0583	3	0,1749	1	0,0583	3	0,1749	3	0,1749
		Materiales	0,3	3	0,2385	2	0,159	2	0,159	2	0,159	2	0,159	5	0,3975
		Seguridad	0,48	2	0,2544	1	0,1272	3	0,3816	5	0,636	2	0,2544	4	0,5088
Obtención de Energía	0,145	Tipo de Alimentación	0,4	1	0,058	2	0,116	3	0,174	3	0,174	3	0,174	3	0,174
		Eficiencia	0,6	2	0,174	2	0,174	2	0,174	1	0,087	2	0,174	4	0,348
<b>TOTAL</b>					2,07446		1,86691		2,32572		2,37524		2,51459		4,20131

Fuente: Los autores

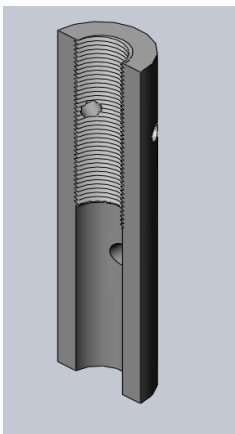
En el proceso de clasificación de las ideas propuestas se obtuvo que la Alternativa 6 obtuvo el mejor puntaje, a partir de allí desarrollaremos este subsistema, nuestro gran interés se basa en la permisividad del equipo de una altura variable que permita acercar o alejar el mototool del piso, para ello logramos un sistema en las patas más cortas que consta de tornillos para el desplazamiento vertical y unas guías con prisionero para el ajuste.

Figura 71. Patas cortas que permiten el desplazamiento vertical



Fuente: Los Autores

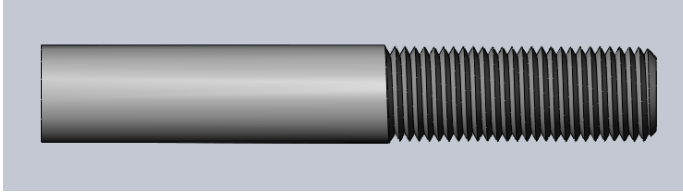
Figura 72. Sección transversal de guía de patas cortas con rosca y prisionero



Fuente: Los Autores

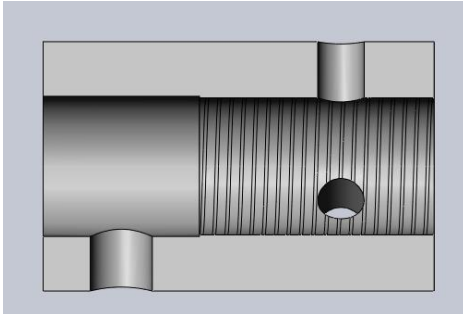
Este sistema se utilizara también en la parte inferior, para lograr un desplazamiento horizontal, con esto lograremos un ajuste más preciso del equipo en la ubicación del esmeril.

Figura 73. Vigas que permiten el desplazamiento horizontal



Fuente: Los Autores

Figura 74. Sección transversal de guía para vigas con rosca y prisionero

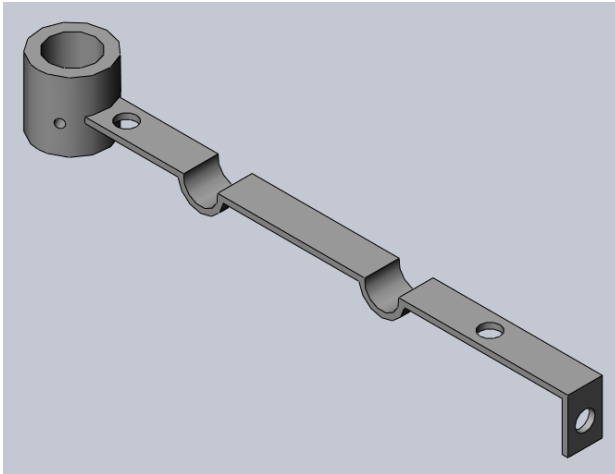


Fuente: Los Autores

Como podemos observar, el diseño nos permite el ensamblaje y desmontaje de manera fácil, rápida y muy eficiente; todos los elementos del equipo de remoción de material se crearon a partir de este concepto, a continuación se ilustran los componentes faltantes del lado derecho del equipo, ya que su diseño es simétrico no hace falta describir los del lado izquierdo.

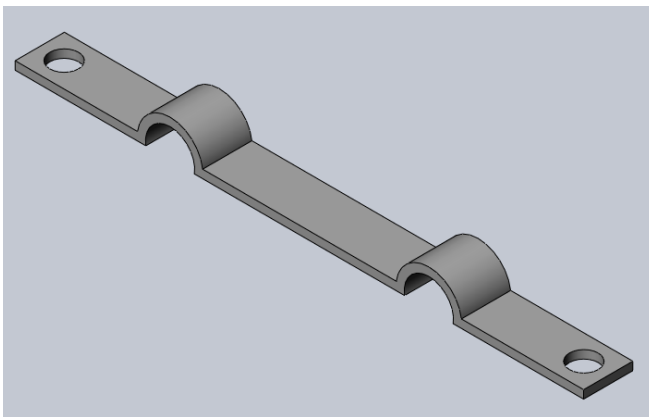
El elemento que brinda soporte horizontal se denominó platina horizontal, consta de un elemento cilíndrico en un extremo que brindará apoyo a la guía para columna, en la sección media consta de dos muescas para la ubicación de guías para el soporte de mototool y posteriormente en el otro extremo presenta un cambio de dirección, elemento que brindará la unión con las platinas verticales.

Figura 75. Platinas horizontales



Fuente: Los Autores

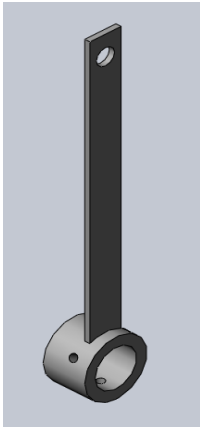
Figura 76. Tapa de platinas Horizontales



Fuente: Los Autores

La tapa de platina horizontal es el elemento que sujeto a la platina horizontal mantendrá las guías para soporte de mototool ubicadas en las muescas ubicadas en la sección intermedia de ambas piezas. Los agujeros de los extremos son para el acople mediante tornillos.

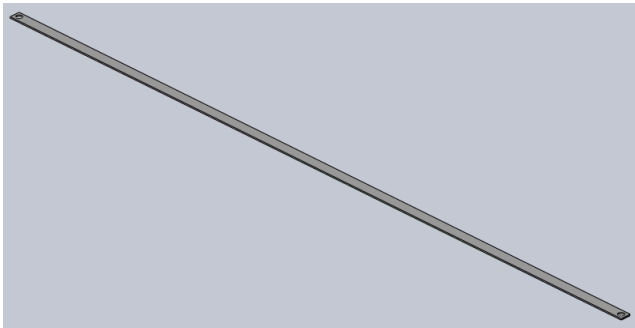
Figura 77. Platinas verticales



Fuente: Los Autores

Las platinas verticales constan de un agujero de unión y un soporte cilíndrico para guía de vigas, este soporte y el que posee la platina horizontal traen 3 agujeros de 3/16" dispuestos a 120 grados uno del otro para fijar mediante pasador las respectivas guías.

Figura 78. Travesaños

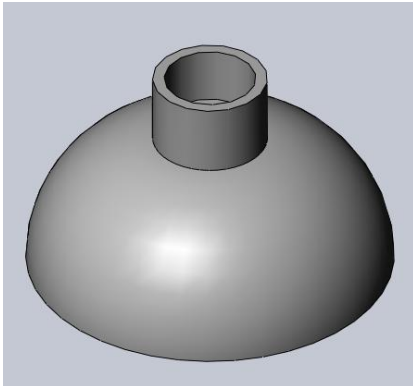


Fuente: Los Autores

El equipo consta de dos travesaños que unen los elementos del lado derecho con el izquierdo, estos se acoplan en los agujeros de unión entre la platina horizontal y su respectiva tapa.

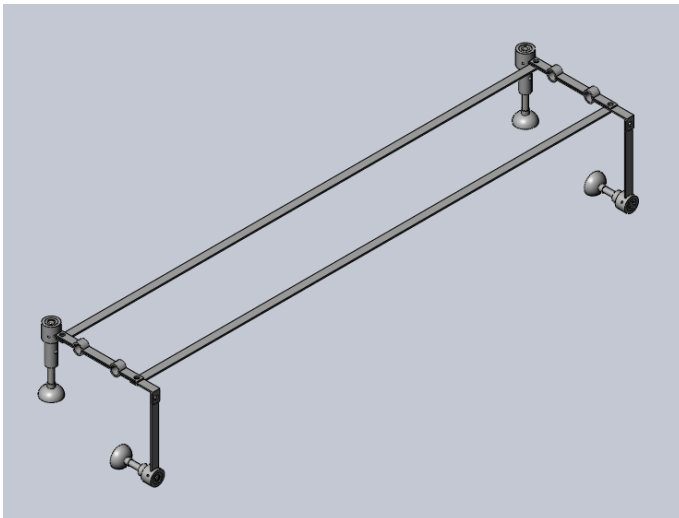
Para sujetar el soporte al piso se utilizaron chupas plásticas que se acoplan fácilmente a las vigas y columnas y además brindan una absorción de vibraciones.

Figura 79. Chupas



Fuente: Los Autores

Figura 80. Ensamble del soporte de equipo de remoción de material



Fuente: Los Autores

### 3.2.4. Diseño del subsistema de apoyo para mototool

Este proceso se desarrolló a partir de las ideas generadas en el brainstorming, se realizó una evaluación de Q.F.D. ilustrada a continuación:

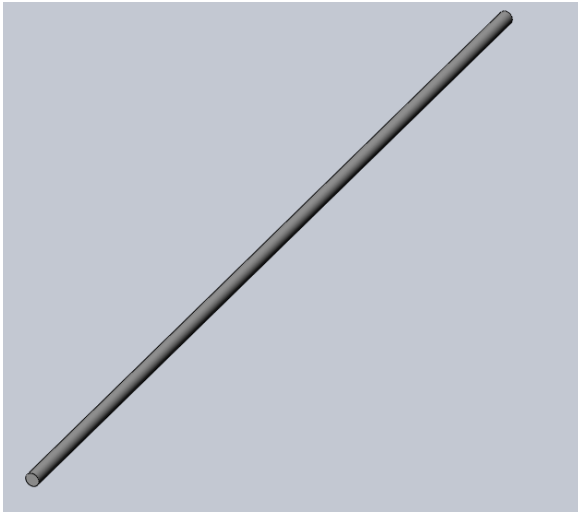
Tabla 18. Subsistema de apoyo para mototool

TABLA			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4		Alternativa 5		
Criterios de evaluación	Parámetros	P <sub>i</sub>	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	
Dimensiones	0,178	Estándar	0,56	2	0,19936	2	0,19936	1	0,09968	4	0,39872	2	0,19936
		Capacidad	0,44	1	0,07832	1	0,07832	3	0,23496	3	0,23496	1	0,07832
Mecanismo sencillo	0,197	Económico	0,26	3	0,15366	2	0,10244	1	0,05122	5	0,2561	2	0,10244
		Versátil	0,28	4	0,22064	3	0,16548	2	0,11032	4	0,22064	2	0,11032
		Operación	0,23	1	0,04531	2	0,09062	2	0,09062	4	0,18124	3	0,13593
		Mantenimiento	0,23	2	0,09062	4	0,18124	2	0,09062	3	0,13593	2	0,09062
Costo del Equipo	0,215	Resistencia a vibraciones	0,44	3	0,2838	1	0,0946	2	0,1204	4	0,2408	2	0,1204
		Anticorrosivo	0,19	2	0,0817	2	0,0817	3	0,12255	4	0,1634	2	0,0817
		Vida útil prolongada	0,37	2	0,1591	3	0,23865	2	0,1591	4	0,4558	3	0,34185
Vibraciones	0,265	Ruido	0,22	2	0,1166	1	0,0583	3	0,1749	3	0,1749	1	0,0583
		Materiales	0,3	3	0,2385	2	0,159	2	0,159	5	0,3975	2	0,159
		Seguridad	0,48	2	0,2544	1	0,1272	3	0,3816	4	0,5088	4	0,5088
Obtención de Energía	0,145	Tipo de Alimentación	0,4	1	0,058	1	0,058	3	0,174	3	0,174	3	0,174
		Eficiencia	0,6	2	0,174	2	0,174	2	0,174	4	0,348	1	0,087
<b>TOTAL</b>					2,15401		1,80891		2,14297		4,12575		2,24804

Fuente: los autores del proyecto

En el desarrollo del soporte para mototool se hizo evidente el manejo adecuado de vibraciones debido a la operación que realiza nuestro equipo, la idea de las guías recubiertas interiormente de un plástico ayudo a obtener un alto puntaje en este ítem del Q.F.D.

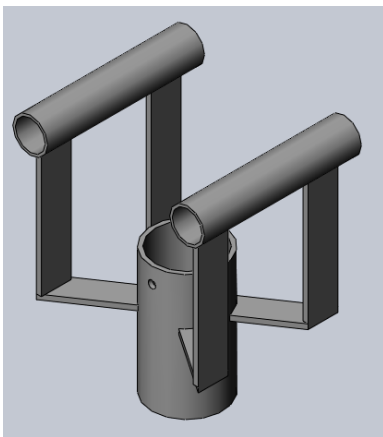
Figura 81. Guías para soporte de mototool



Fuente: Los Autores

Estas guías mantendrán recto el mototool en la función de remoción, deben ir recubiertas de una ligera capa plástica que junto a silicona lubricante, ayudaran a deslizar fácilmente y reducir el efecto negativo de las vibraciones.

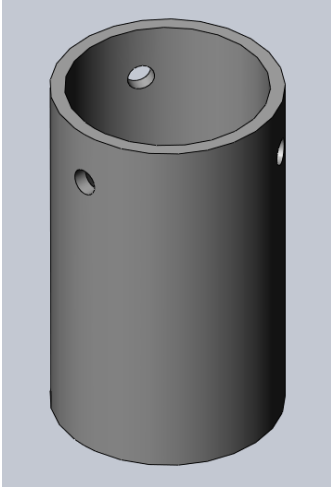
Figura 82. Riel de soporte para mototool



Fuente: Los Autores

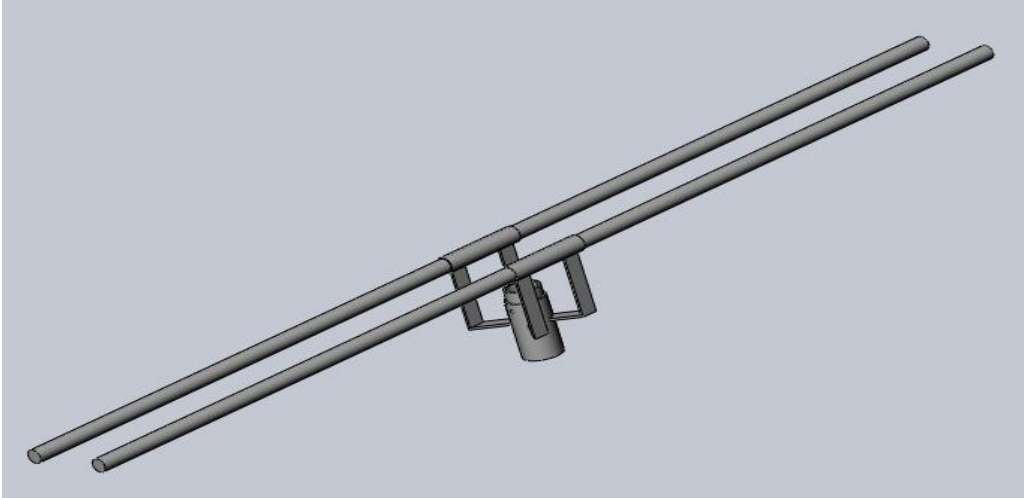
Al realizar el proceso Investigativo notamos el uso de la aplicación de elementos telescópicos que permiten la ubicación y el desplazamiento relativo a lo largo de un eje. Se observó que esta solución práctica y sencilla podía ser utilizada en el sistema de riel de soporte para mototool añadiéndole un cilindro que ajustara el mototool mediante prisioneros y que a su vez pudiera desplazarse verticalmente.

Figura 83. Ajuste telescópico para mototool



Fuente: Los Autores

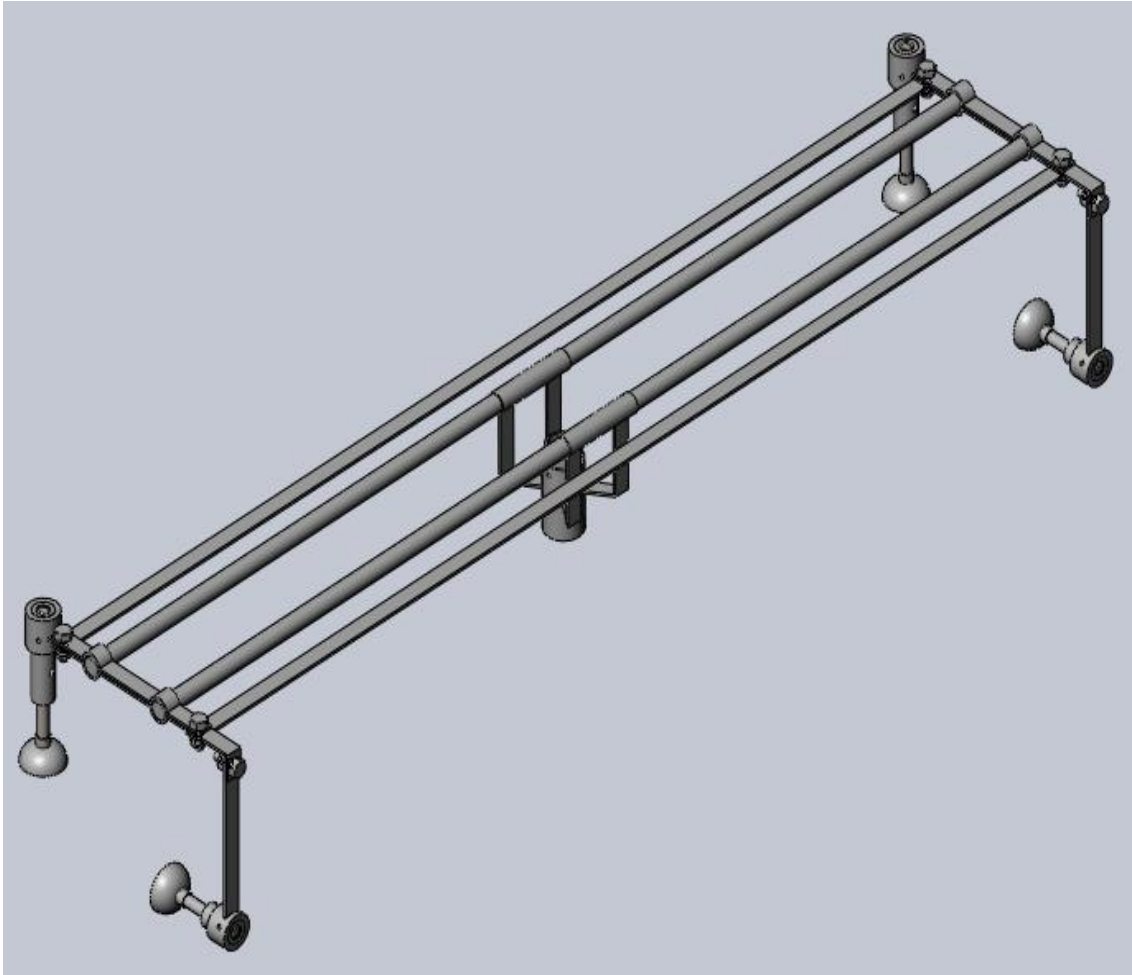
Figura 84. Ensamble de soporte para mototool



Fuente: Los Autores

El sistema de apoyo para mototool se adaptó al soporte mediante las guías que reposaran en las muescas ubicadas en la zona intermedia de las platinas horizontales, se debe ubicar un buje en los extremos de las guías para disminuir aun más las vibraciones generas por el mototool.

Figura 85. Ensamble Total del Equipo de Remoción de Material

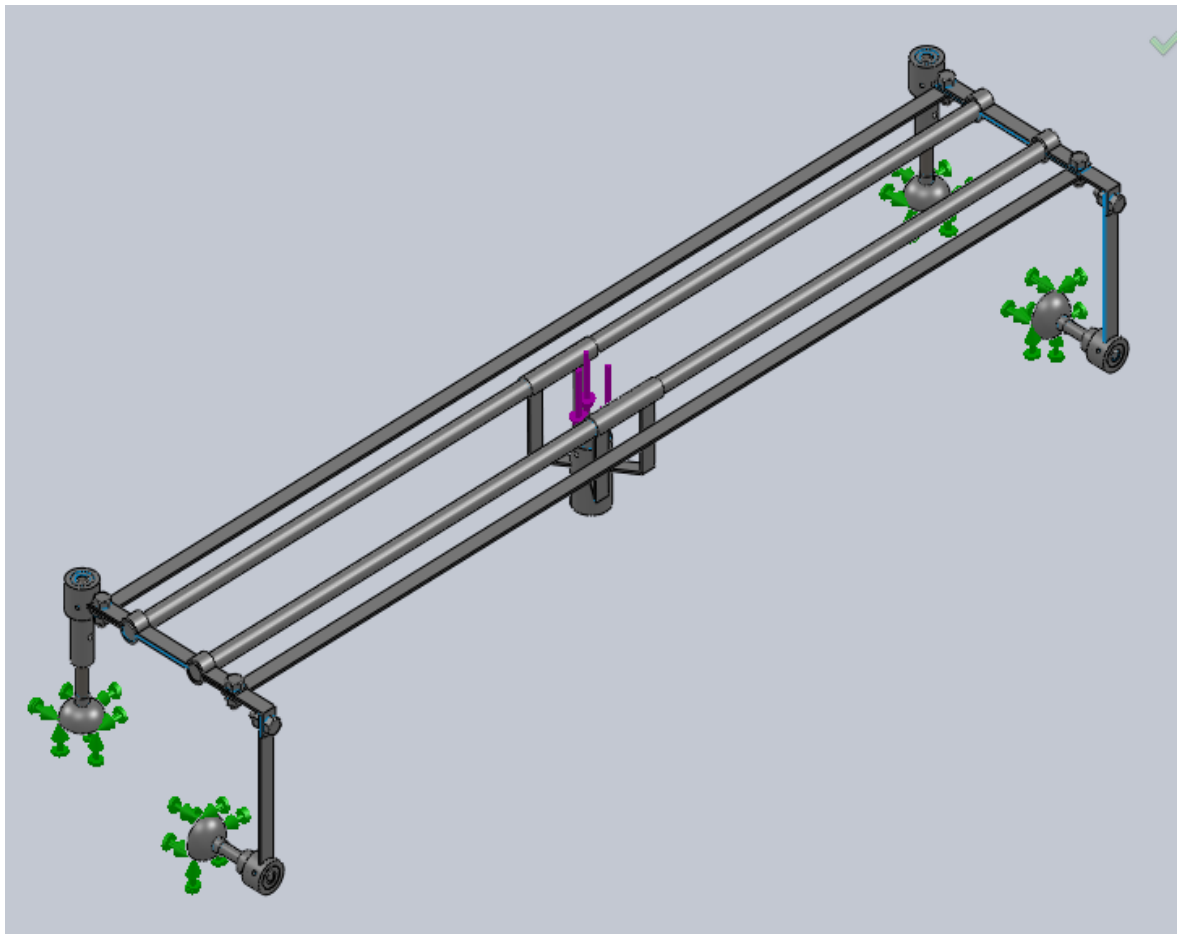


Fuente: Los Autores

### 3.2.5. Simulación en Solidworks

El diseño del equipo de remoción se validó mediante el entorno SIMULATION de Solidworks 2010, realizamos un análisis estático considerando el peso del mototool sobre la estructura.

Figura 86. Conjunto de Equipo de Remoción de Material sometido a carga y sujeción



Fuente: Los Autores

Los valores de la fuerza fueron tomados teniendo en cuenta la gravedad y un factor de Seguridad de 3, de la siguiente manera:

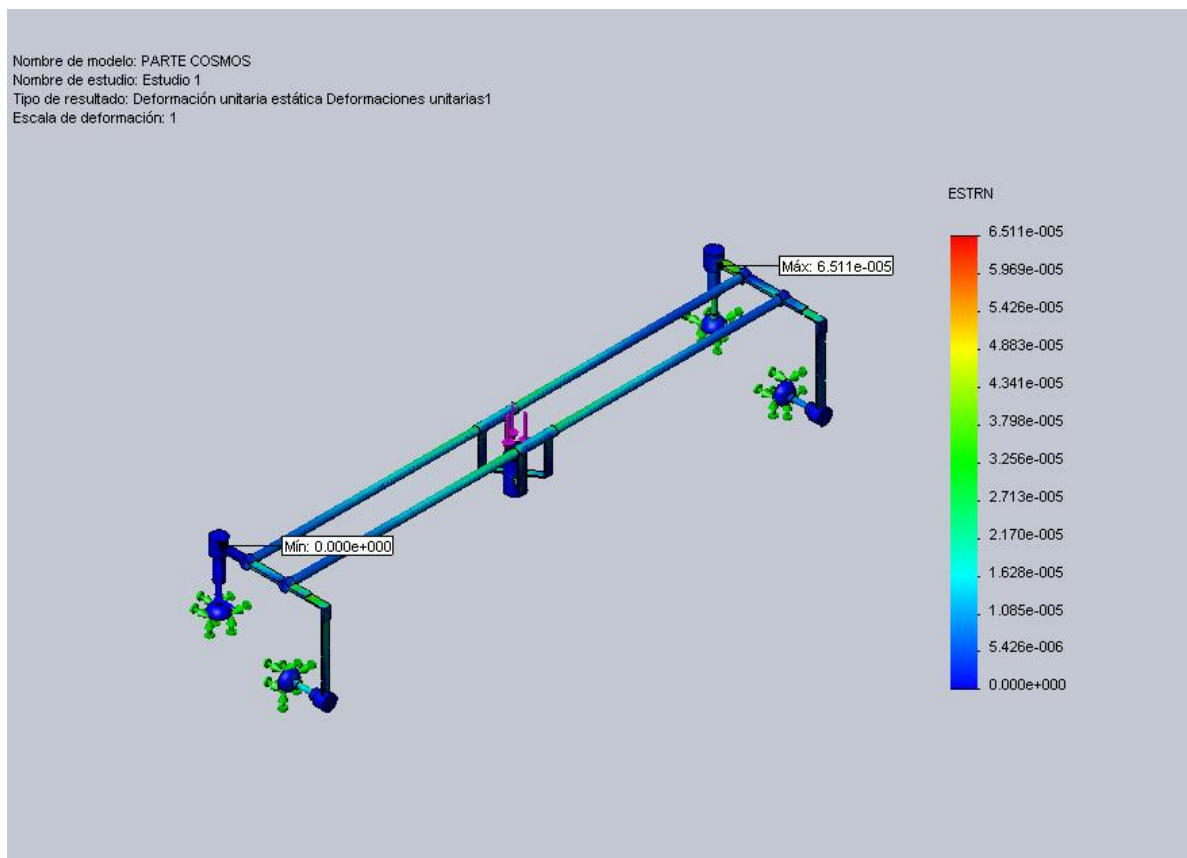
Peso máximo del Mototool: 2 Kg.

Fuerza máxima aplicada: 20 New.

Factor de seguridad: 3

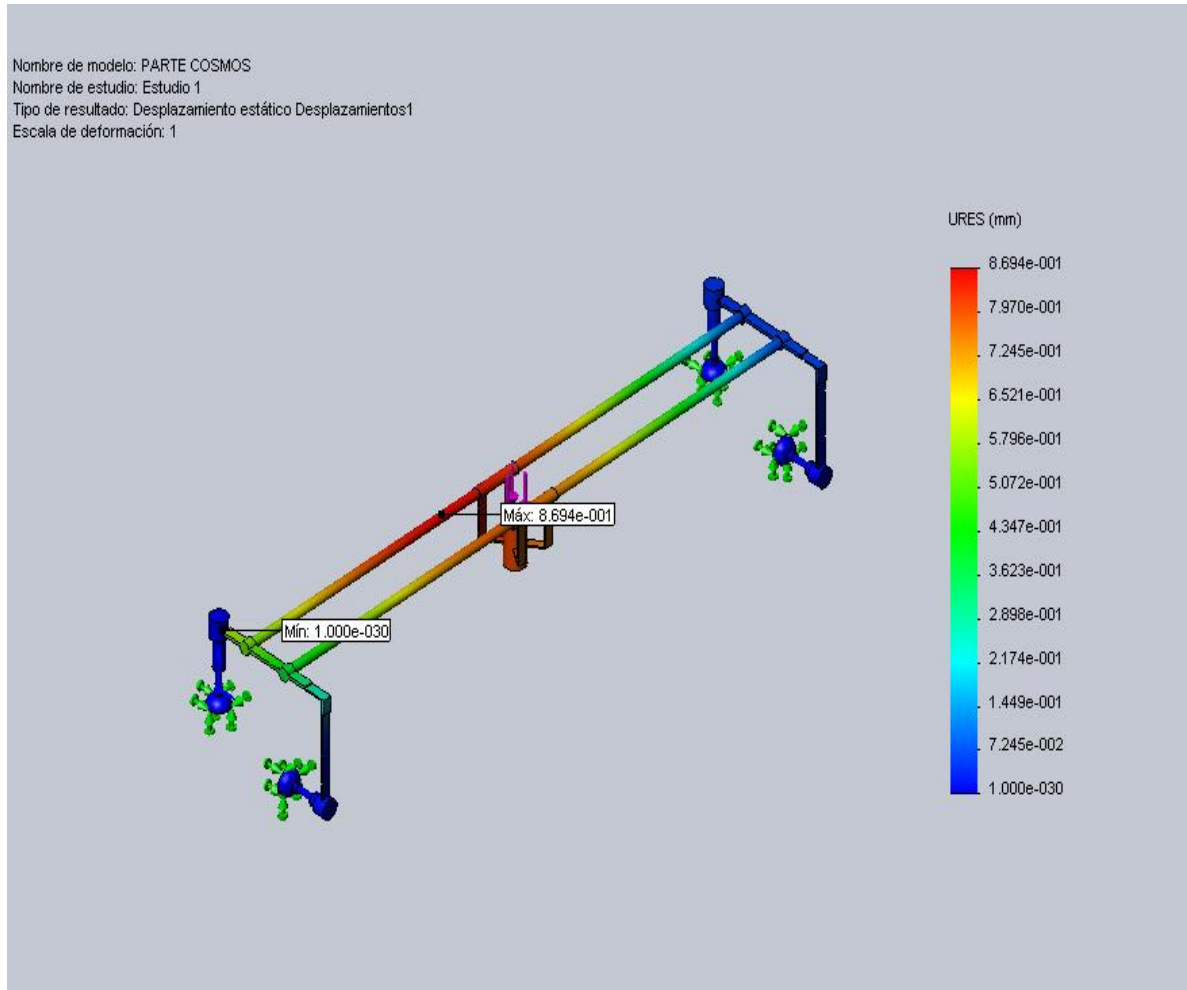
Fuerza para SIMULATION: 60 New.

Figura 87. Diagrama de deformaciones unitarias en Equipo de Remoción de Material



Fuente: Los Autores

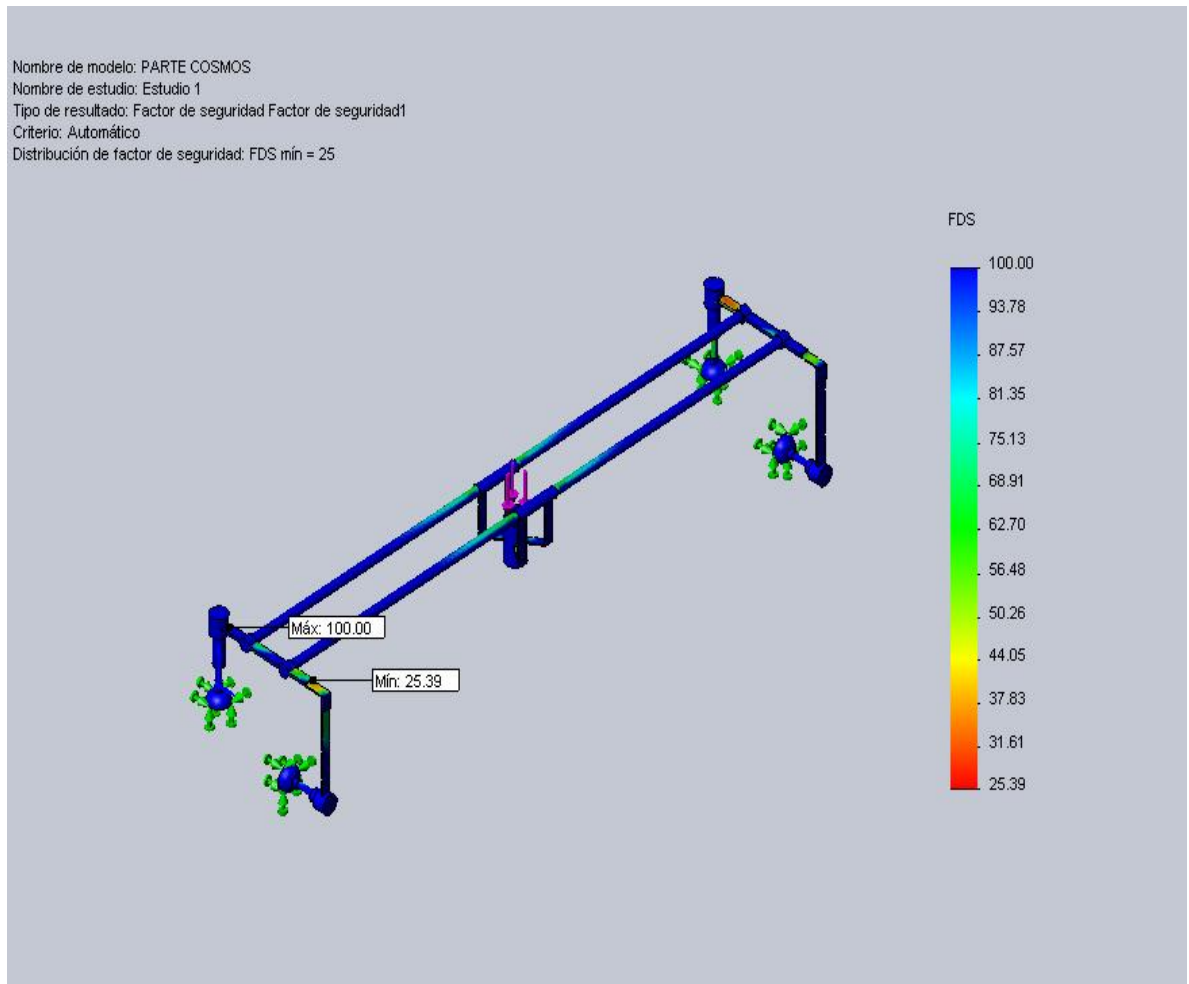
Figura 88. Diagrama de desplazamientos en Equipo de Remoción de Material



Fuente: Los Autores

Como podemos observar los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites, obteniendo así un diseño seguro y eficiente.

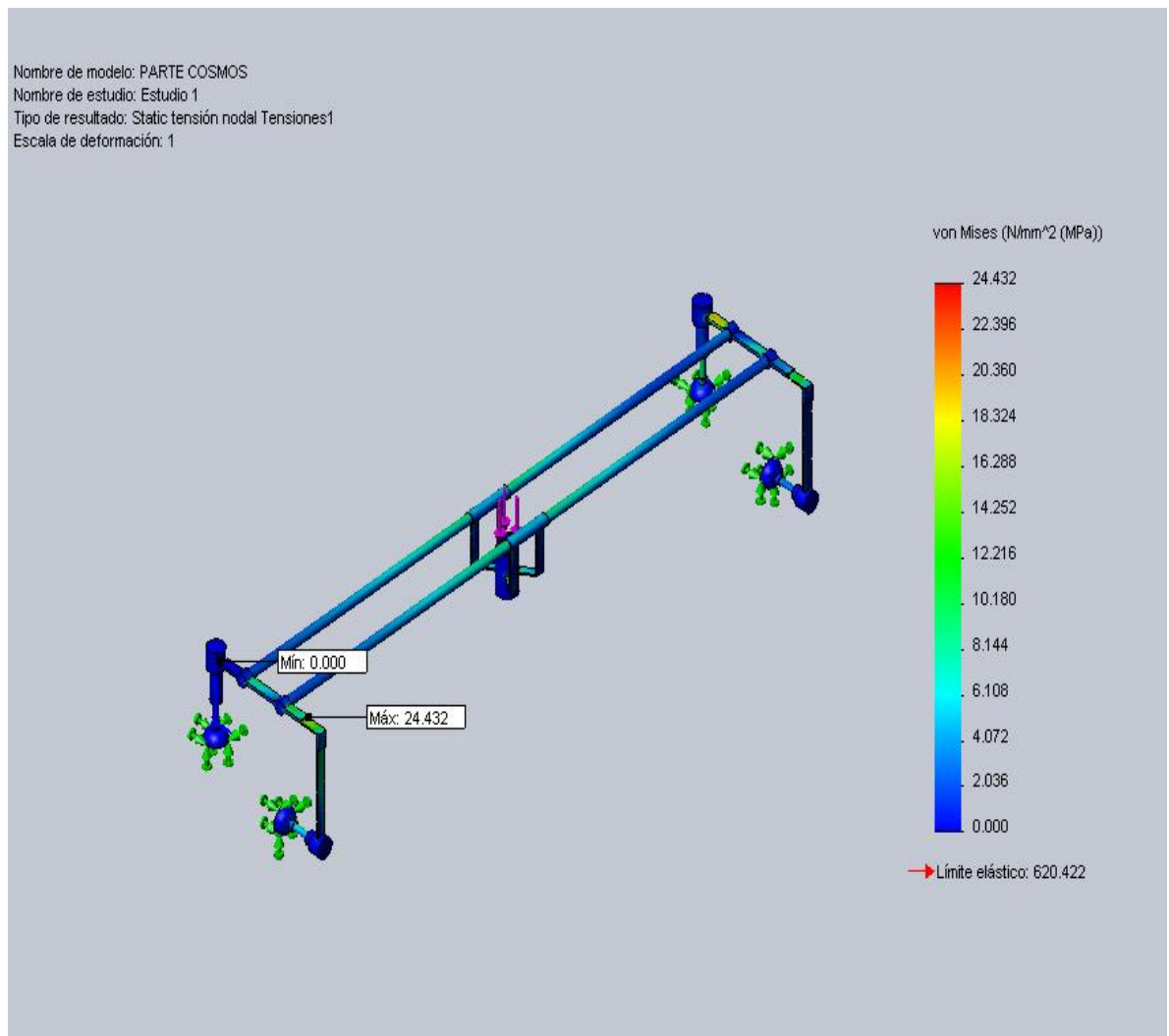
Figura 89. Diagrama de Factor de Seguridad en Equipo de Remoción de Material



Fuente: Los Autores

El Factor de Seguridad obtenido es de 25,39 siendo este un valor más que aceptable, no se reducen los espesores del equipo ya que no es significativo en relación costo – beneficio.

Figura 90. Diagrama de Tensiones en Equipo de Remoción de Material



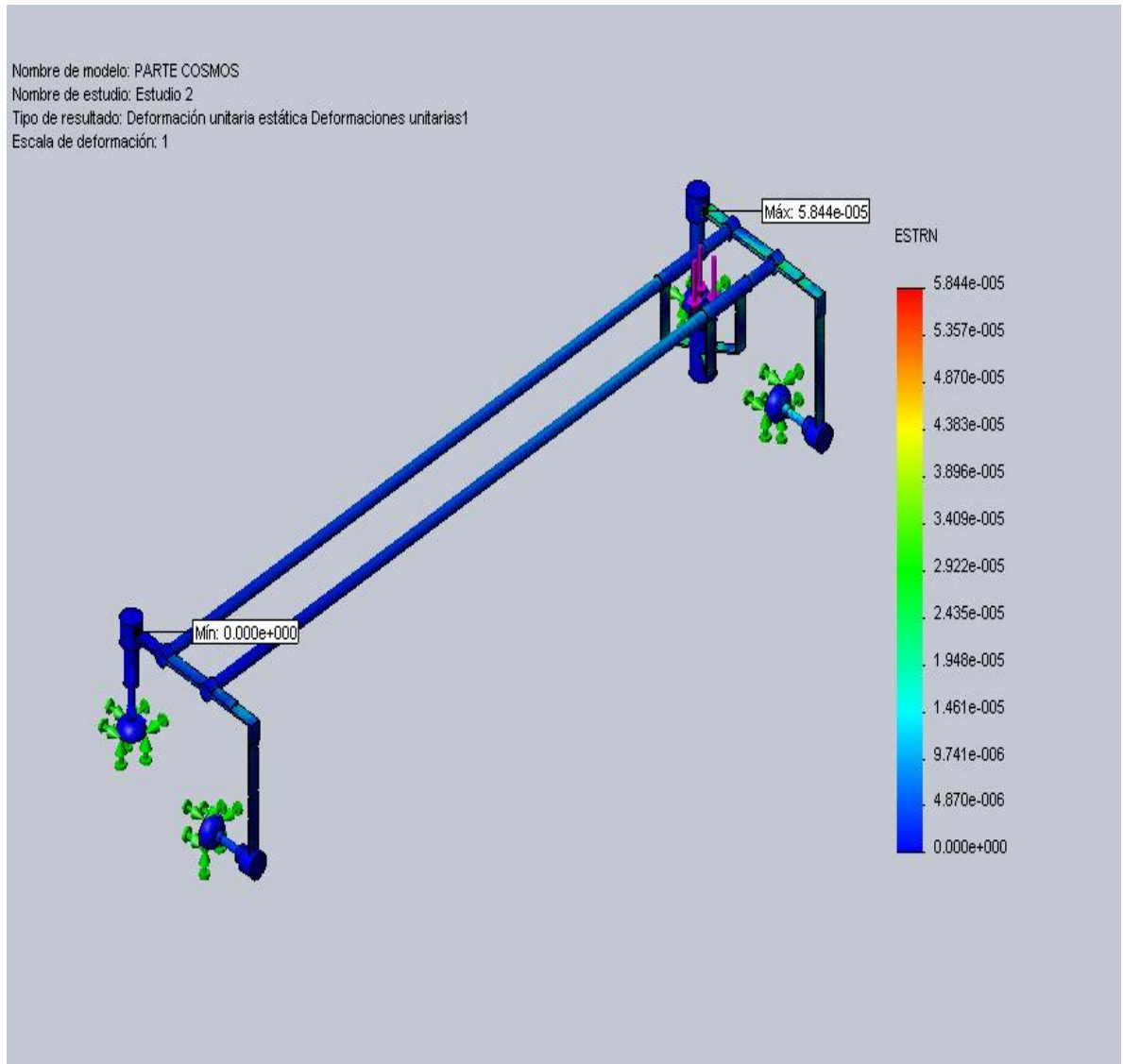
Fuente: Los Autores

El límite elástico del material es 25 veces el esfuerzo al cual está sometido realmente.

Observamos que el diseño cumple en Esfuerzos, Deformaciones y Factor de Seguridad.

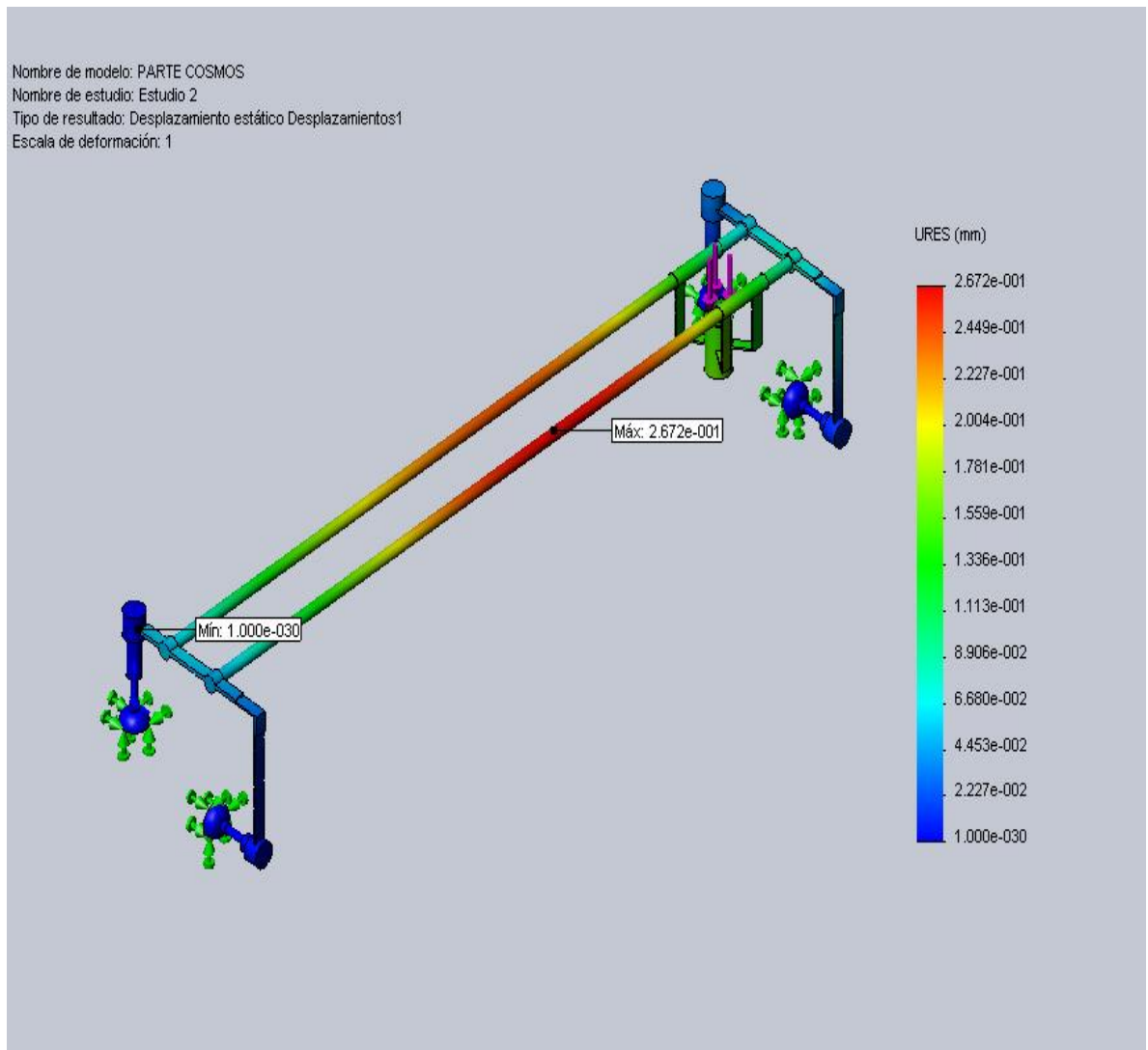
Para un análisis más exhaustivo se realizó la simulación del equipo ubicando la araña de soporte para mototool en un extremo de las guías, pues al tener mayor longitud se genera un mayor momento en la sección opuesta.

Figura 91. Diagrama de deformaciones unitarias en Equipo de Remoción de Material ubicando la araña de soporte para mototool en un extremo de las guías



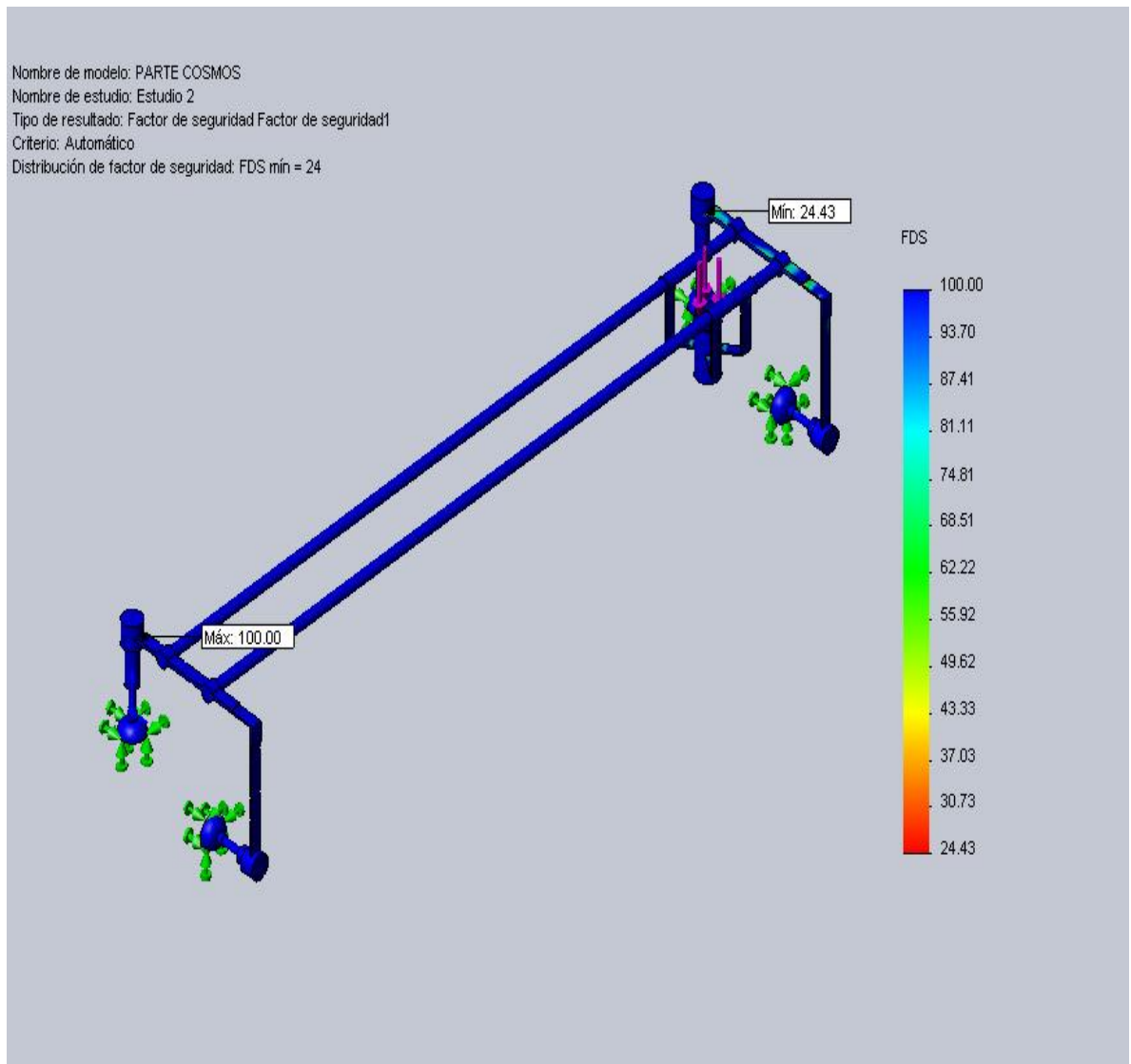
Fuente: Los Autores

Figura 92. Diagrama de desplazamientos en Equipo de Remoción de Material ubicando la araña de soporte para mototool en un extremo de las guías



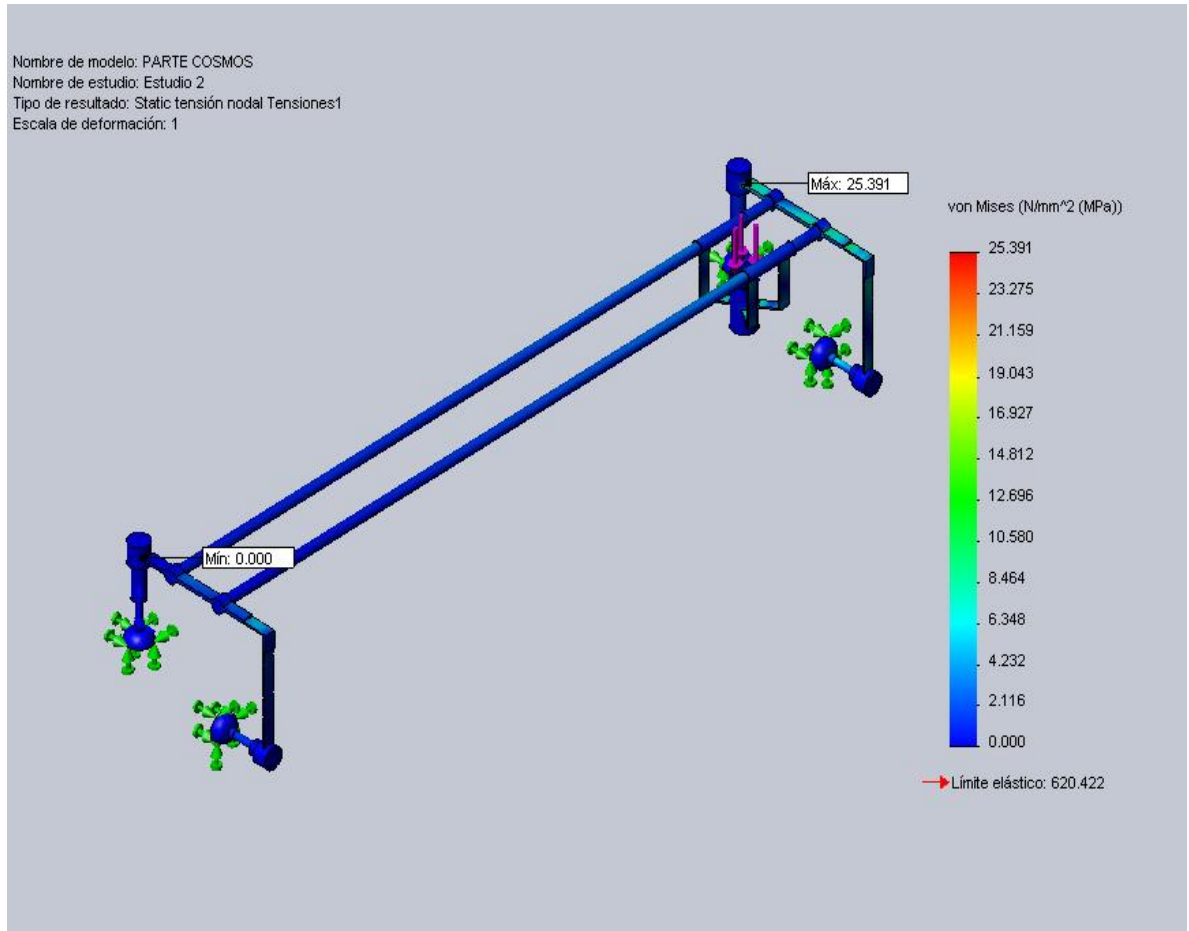
Fuente: Los Autores

Figura 93. Diagrama de Factor de Seguridad en Equipo de Remoción de Material ubicando la araña de soporte para mototool en un extremo de las guías



Fuente: Los Autores

Figura 94. Diagrama de Tensiones en Equipo de Remoción de Material ubicando la araña de soporte para mototool en un extremo de las guías



Fuente: Los Autores

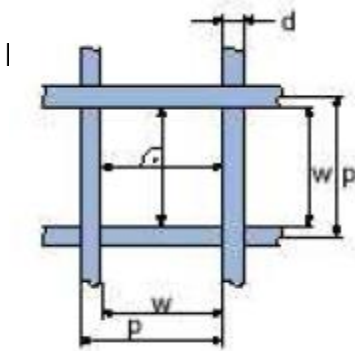
Los valores obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los límites permisibles, así que es segura la operación del equipo en todas sus posiciones.

### 3.3. SELECCIÓN DEL EQUIPO TAMIZADOR

#### 3.3.1. Tamiz

**Un tamiz funciona como un colador.** Un tamiz es simplemente una malla de filamentos que se entre cruzan dejando unos huecos cuadrados. Es importante que esos cuadrados tengan todos el mismo tamaño, ya que éste determinará el tamaño de lo que va a atravesar el hueco, también conocido como “luz de malla”.

Figura 95. Representación de las partes de un tamiz



<http://www.weavingideas.net/es>

#### **W= Luz de malla**

1. Distancia entre dos urdimbres o tramas contiguas, medida en proyección plana y en el centro de la malla en perpendicular al alambre.

#### **d= Diámetro del alambre**

Diámetro del alambre medido en el tamiz. El diámetro del alambre puede variar levemente debido al proceso de tejido.

#### **p= Malla**

Distancia entre los ejes centrales de dos alambres contiguos. La suma de la luz de malla  $w$  y el diámetro de alambre  $d$  ( $p = w + d$ ).

Su función es **seleccionar los elementos que quiero** que pasen por la “Luz de Malla”. Esto me permite dejar por fuera aquellos elementos que no pasan. Solamente son de interés aquellos elementos que pueden pasar por la “Luz de Malla” que se ha seleccionado. Se Puede utilizar un sistema con tamices de diferentes tamaños de “Luz de Malla”, para efectos de agrupar material de diferente grosor y separarlo.

### 3.3.2. Tamaño de grano deseado

Las propiedades físicas y químicas de los sólidos varían en función de su distribución granulométrica. Por esta razón, para poder efectuar controles de calidad en polvos y granulados, es imprescindible conocer la distribución por tamaño de las partículas en los mismos.

Figura 96. Muestras de diferentes tamaños



[www.retsch.es/es/productos/tamizado](http://www.retsch.es/es/productos/tamizado).

En este caso son de interés los elementos que quedan atrapados en las mallas 45, 50, 60 y 70 según escala MESH, pues son los que se van a utilizar para la fabricación de las bandas antideslizantes, por lo que el equipo tamizador debe constar como mínimo de cinco tamices, los cuatro mencionados anteriormente y otro tamiz adicional que esté por encima del tamiz número 45, es decir que su luz de malla sea un poco más grande a la malla 45 y para finalizar la secuencia de tamices se debe contar de un fondo colector.

A continuación se muestra una tabla de tamices según la norma ASTM E que indica la descripción, el diámetro, el número y la luz de malla de los diferentes tamices.

Tabla 19. Tamices según norma ASTM E

<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Nº</b>	<b>Luz</b>
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	2"	50,00 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	11/2"	37,50 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	11/4"	31,50 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	1"	25,00 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	3/4"	19,00 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	0,53"	13,20 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	1/2"	12,50 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	3/8"	9,50 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	5/16"	8,00 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	1/4"	6,30 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	3,50	5,60 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	4	4,75 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	5	4,00 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	6	3,35 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/958"	8"	7	2,80 mm

Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	8	2,36 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	10	2,00 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	12	1,00 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	14	1,40 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	16	1,18 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	18	1,00 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	20	0,850 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	25	0,710 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	30	0,600 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	35	0,500 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	40	0,425 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	45	0,355 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	50	0,300 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	60	0,250 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	70	0,212 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	80	0,180 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	100	0,150 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	120	0,125 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	140	0,106 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	170	0,090 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	200	0,075 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	230	0,063 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	270	0,053 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	325	0,045 mm
Tamices Norma ASTM E - 11/95 8"	400	0,038 mm

Fuente: Haver & Boecker; <http://www.weavingideas.net/es>

### 3.3.3. Parámetros de selección del tamiz

❖ Tiempo necesario

De las pruebas de molienda realizadas en el taller de ingeniería mecánica la que arrojó mejores resultados fue la que se hizo durante 15 minutos estos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 20. Resultados de tamizaje de molienda de 15 minutos

<b>500 g. MUESTRA</b>	
<b>TAMIZ</b>	<b>MASA (muestra)</b>
<b>40</b>	35.28
<b>45</b>	35.65
<b>50</b>	55.67
<b>60</b>	56.58
<b>70</b>	19.96

Fuente: Los Autores

La muestra que es de utilidad para la fabricación de las bandas antideslizantes es de 167.86 gramos por cada 500 gramos de muestra, es decir que de la carga total de molienda que es de 12.5 kilogramos son de utilidad 4.196 kg. y para sacar 12.5 kg. de muestra útil es necesario realizar 3 moliendas aproximadamente, la carga del equipo tamizador no debe exceder los 3 kilogramos y al realizar las tres moliendas es necesario tamizar 13 veces.

El tamizaje se efectúa en 15 minutos que son programados en el equipo tamizador pudiéndose realizar 3 tamizajes por hora teniendo en cuenta 10 minutos adicionales para carga y descarga del equipo.

❖ Carga del tamizador

Las dimensiones del tamiz son de  $\varnothing = 8''$  y  $2''$  de alto, por tanto el volumen del tamiz es:

$$V_t = \frac{\pi * \varnothing^2 * h}{4} \quad \text{ecuación 62}$$

$$V_t = \pi * 8^2 * 2 / 4 = 32\pi \text{ in}^3.$$

La masa que ocupe este volumen no debe exceder los tres kilogramos.

La densidad del cuarzo es  $\rho_c = 0.0434 \text{ kg/in}^3$ .

Entonces el volumen del tamiz debe ser mayor al volumen de cuarzo para que sea posible cargar el tamiz con los tres kilogramos que tiene de capacidad.

Volumen de cuarzo  $V_c$

$$V_c = 3 / 0.0434 = 69.08 \text{ in}^3 < V_t = 100.53 \text{ in}^3 \quad \text{Es posible cargar el equipo.}$$

### 3.3.4. Agitadora de tamices analítico digital AS200 CONTROL

Por su trayectoria en el mercado desde hace muchos años para las operaciones de tamizado el equipo tamizador seleccionado es la AGITADORA DE TAMICES ANALITICA DIGITAL para laboratorio, modelo **AS 200 CONTROL**, marca RETSCH.

Figura 97. Agitadora de Tamices AS 200 CONTROL



Fuente: Retsch; <http://www.retsch.es/es/productos/tamizado>.

#### 3.3.4.1 Características generales de la Agitadora de Tamices AS 200 CONTROL

- ❖ La **AS 200 Control** cumple con los más altos requerimientos de control de calidad, una característica en particular hace de esta agitadora destacarse de la demás, en lugar de la altura de la vibración se puede seleccionar la aceleración del tamizado lo que es completamente independiente de la frecuencia de la energía, en consecuencia la AS 200Control asegura resultados reproducibles y comparables en el mundo entero.

- ❖ Se puede calibrar en fábrica para asegurar un 100% de reproducibilidad en los resultados del tamizado, con esta característica cumple con el requerimiento del monitoreo de las pruebas de materiales acordes con la DIN EN ISO 9000 ff.
- ❖ Todos los parámetros de tamizado tales como vibración, altura, tiempo e intervalo son seleccionados, presentados en pantalla y monitoreados digitalmente.
- ❖ Se pueden almacenar hasta 9 combinaciones de parámetros para análisis de rutina.
- ❖ Tamizadora con diseño para operación silenciosa y precisa, diseño compacto.
- ❖ Operación de accionamiento electromagnético que produce un lanzamiento óptimo del producto con una distribución uniforme del mismo sobre toda la superficie del tamiz, con capacidad para alcanzar una carga alta de esfuerzo de gran eficiencia con lo cual se logra una reducción significativa del tiempo de tamizado.
- ❖ Tecnología patentada por RETSCH que permite un funcionamiento sin desgaste y no requiere mantenimiento.
- ❖ Organización fácil y segura de la torre de tamices mediante la inclusión de empaques de silicona debajo de cada uno de los tamices seleccionados.
- ❖ Visualización digital del tiempo, control visual de la amplitud de vibración, función de operación con intervalos de agitación.

#### 3.3.4.2 Características generales de la agitadora de tamices AS200 CONTROL

- ❖ Tamizado con efecto tridimensional.
- ❖ Para tamices hasta de 203 mm de diámetro según norma ASTM E.
- ❖ Rango de medición desde 20 µm hasta 25 mm.
- ❖ Fácil utilización, diseño ergonómico.
- ❖ Bajo nivel de ruido, libre de mantenimiento.

- ❖ 2 años de garantía contra defectos originales de fábrica.
- ❖ Acorde con las normas CE.

### 3.3.4.3 Especificaciones técnicas

Figura 98. Guía de Tamizadoras Vibratorias RETSCH

Prestaciones	AS 200 basic	AS 200 digit	AS 200 control	AS 300 control	AS 450 control
	www.retschi.es/as200		www.retschi.es/as300		www.retschi.es/as450
Áreas de aplicación	separación, fraccionamiento, medición granulométrica				
Material alimentado	polvos, materiales a granel, suspensiones				
Rango granulométrico*	20 µm - 25 mm	20 µm - 25 mm	20 µm - 25 mm	20 µm - 40 mm	20 µm - 125 mm
Carga/cant. de muestra máx.	3 kg	3 kg	3 kg	6 kg	25 kg
Cant. máx. de fracciones**	9 / 17	9 / 17	9 / 17	9 / 17	14 / 11
Peso máx. de la columna	4 kg	4 kg	6 kg	10 kg	50 kg
Ajuste de parámetros					
Amplitud	analógico 0 - 3 mm	analógico 0 - 3 mm	digital 0,2 - 3 mm	digital 0,2 - >2 mm	digital 0,2 - >2,2 mm
Aceleración de la base	-	-	1,0 - >15,1 g	1,0 - >10,0 g	0,6 - >7,1 g
Tiempo	analógico 1 - 60 min	digital 1 - 99 min	digital 1 - 99 min	digital 1 - 99 min	digital 1 - 99 min
Operación por intervalos	-	10 s (fijo)	10 - 99 s	10 - 99 s	10 - 99 s
Memoria para 9 combin. de parámetros	-	-	sí	sí	sí
Movimiento de tamizado	proyección por impulso de rotación				
Apta para tamizado en húmedo	sí	sí	sí	sí	sí
Puerto serie	-	-	sí	sí	sí
Con certificado de inspección/calibrable	-	-	sí	sí	no / sí
*Según el material alimentado y el juego de tamices empleado **Según el diámetro de los tamices empleados					
<b>Datos técnicos</b>					
Tamices compatibles	100 mm - 200 mm / 8"		100 mm - 315 mm		400 mm y 450 mm
Altura columna de tamices	hasta 450 mm		hasta 450 mm		hasta 963 mm
A x H x F	400 x 230 x 350 mm		400 x 235 x 400 mm		714 x 435 x 658 mm
Peso neto	aprox. 30 kg		aprox. 35 kg		aprox. 200 kg
<b>Valores de ruido (medición según norma DIN 45635-31-01-KL3)</b>					
Condiciones de medición: 5 tamices analíticos; amplitud de vibración 1,5 mm (AS 200/AS 300), 1,1 mm (AS 450); tipo de muestra: arena de cuarzo; granulometría <1 mm					
Valores de emisión en el puesto de trabajo	L <sub>1/2</sub> 63 dB(A)		L <sub>1/2</sub> 59 dB(A)		L <sub>1/2</sub> 69 dB(A)

Fuente: Retsch; <http://www.retschi.es/es/productos/tamizado>.

- ❖ Aplicación: Separación, fraccionamiento y granulometría en seco y en húmedo.
- ❖ Tipo de material utilizable: Pulverizado, a granel, en suspensión.
- ❖ Rango de medición: 20µm – 25 mm.
- ❖ Amplitud: Digital de 0.2 a 3mm.
- ❖ Aceleración del tamizado: 1.0 – 15.1 g.

- ❖ Tiempo: Digital de 1 a 99 minutos.
- ❖ Función con intervalos: 10 a 99 segundos.
- ❖ Memorias para programas de tamizado: 9 memorias.
- ❖ Movimiento del producto a tamizar: Movimiento de lanzamiento con momentum angular.
- ❖ Número de tamices: 9 ó 17.
- ❖ Carga: máxima de 3 kg.
- ❖ Diámetro de los tamices que se pueden utilizar con este modelo de agitadora: 100/150/200/203 mm (8"). Para este caso el diámetro de tamiz a utilizar es de 8 pulgadas de diámetro por 2 pulgadas de alto.

Figura 99. Tamiz



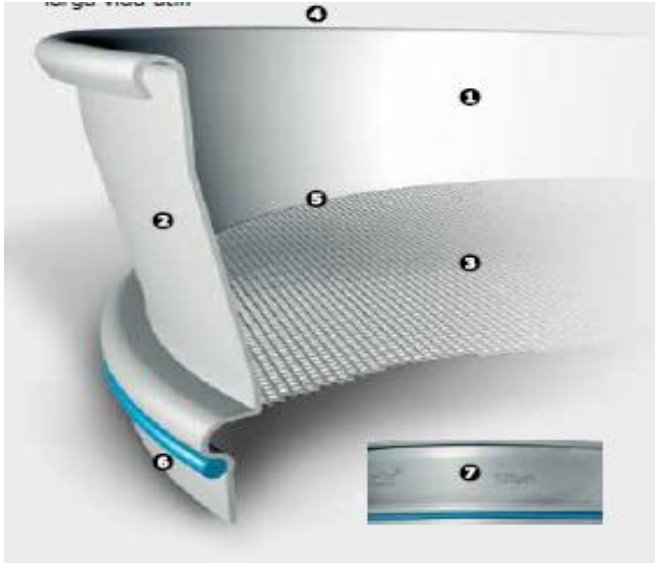
Fuente: Retsch; <http://www.retsch.es/es/productos/tamizado>

- ❖ Alimentación de corriente: 100 – 240 voltios, 50/60 Hz.

### 3.3.4.4 Ventajas de tamices RETSCH

Las ventajas que ofrecen los tamices RETSCH en cuanto a la calidad de los análisis, facilidad de uso y larga vida útil.

Figura 100. Tamiz analítico RETSCH (características)



Fuente: Retsch; <http://www.retsch.es/es/productos/tamizado>

1. Bastidor “en una pieza”, sin costuras donde puedan depositarse residuos, sin epoxy, y por ende sin contaminación cruzada.
2. En acero de alta aleación (316) para una alta resistencia a la corrosión y limpieza fácil.
3. 15% más ligeros que los tamices tradicionales, pero con una superficie de malla mayor.
4. Calidad hasta ahora no superada, gracias a la fabricación completamente automática y al control óptico por barrido.
5. Innovadora tecnología de soldadura por resistencia eléctrica que garantiza mallas siempre tensas.
6. Columnas de tamices completamente estables y herméticas

7. Grabado láser individual que garantiza un marcaje claro y preciso con trazabilidad total.

### 3.3.5. Relación de Precios de la Agitadora AS 200 Control

Tabla 21. Precio de la agitadora AS 200 Control.

Referencia	Cantidad	Descripción	Valor
30.018.0001 Retsch	1	Agitadora de tamices digital para laboratorio, modelo AS 200 Control marca Retsch	\$8.150.000
32.662.0005 Retsch	1	Unidad de sujeción "Standard", incluye: 2 varillas roscadas, tapa sencilla de acero inoxidable y 2 tuercas de ajuste rápido. Para tamices de 100/150/200/203 mm. de diámetro.	\$1.540.000
60.010.000203 Retsch	1	Fondo colector en acero inoxidable para tamices de 8" (203 mm) de diámetro.	\$212.000
60.150.000425 Retsch	1	Tamiz malla 40 acero inox.de 8" de diámetro por 2" altura 425 µm de abertura Norma ASTM E 11.	\$233.000
60.150.000355 Retsch	1	Tamiz malla 45 acero inox.de 8" de diámetro por 2" altura 355 µm de abertura Norma ASTM E 11.	\$233.000
60.150.000300 Retsch	1	Tamiz malla 50 acero inox.de 8" de diámetro por 2" altura 300 µm de abertura Norma ASTM E 11.	\$233.000
60.150.000250 Retsch	1	Tamiz malla 60 acero inox.de 8" de diámetro por 2" altura 250 µm de abertura Norma ASTM E 11.	\$233.000
60.150.000212 Retsch	1	Tamiz malla 70 acero inox.de 8" de diámetro por 2" altura 212 µm de abertura Norma ASTM E 11.	\$233.000
<b>Total sin IVA</b>			\$11.067.000
<b>IVA</b>			\$1.770.720
<b>Total IVA incluido</b>			\$12.837.720

Fuente: Los autores.

#### 4. CONSTRUCCION, PRUEBAS Y PRESUPUESTO DE MOLINO DE BOLAS

El proceso de construcción del molino de bolas se llevó a cabo en la empresa DRIMCOL E.U. del señor Juan Carlos Mantilla donde se utilizaron los recursos que están a disposición para la mayoría de procesos en la construcción del mismo; los procesos que no fueron posibles realizar en dicha empresa se manufacturaron en empresas de la zona, el montaje y la puesta a punto del molino de bolas se efectuó en esta empresa.

Figura 101. Empresa DRIMCOL E. U.



Fuente: Los autores

#### 4.1. MATERIALES Y COSTO DE MOLINO DE BOLAS

Los materiales utilizados en la fabricación del molino de bolas se adquirieron en diferentes empresas del sector, los cuales se describen a continuación:

Tabla 22. Materiales, mano de obra y costo cada ítem del molino de bolas

DESCRIPCION	CANT.	VALOR	VALOR TOTAL
Lámina acero A36 *3/8" de espesor, cilindrada y punteada (cilindro)	1	\$450.000	\$450.000
Cadena # 40; paso 1/2"	1.65 m.	\$25000	\$41.250
Unión para cadena	1	\$5.000	\$5.000
Piñón 40 B24	1	\$51.800	\$51.800
Piñón 40 B28	1	\$60.400	\$60.400
Tapa de cilindro 1/2" esp.	1	\$30.000	\$30.000
Brida 1/2" esp.	1	\$55.000	\$55.000
Anillo brida 1/2" esp.	1	\$15.000	\$15.000
Tapa y sobretapa de alimentación 3/8" esp.	1	\$16.000	\$16.000
Eje de potencia Ø=40 mm.	1	\$16.000	\$16.000
Eje de apoyo Ø=1 1/2".	1	\$12.000	\$12.000
Rodamiento con soporte	2	\$51.000	\$102.000
Buje con cuñero A36	2	\$35.000	\$70.000
Conjunto motorreductor ensamblado	1	\$800.000	\$800.000
Angulo de 2*2*1/4" de 6 metros	2	\$72.000	\$144.000
Lámina para soporte motorreductor 1/2" esp.	1	\$14.000	\$14.000
Lámina de anclaje 1/2" esp.	4	\$2.000	\$8.000
Pie de amigo 1/2" esp.	4	\$500	\$2.000
Cuña	4	\$700	\$2.800
Tolva lámina calibre 14	1	\$16.000	\$16.000
Cubrecadena (lamina cal 14 + malla)	1	\$8.000	\$8.000
Pulsador para motorreductor	1	\$30.000	\$30.000
Anticorrosivo + pintura + tiner	1	\$60.000	\$60.000

Soldadura eléctrica	2 kg	\$7.000	\$14.000
Tornillo brida (tuerca+guasa+arandela) 1*2¼"	12	\$3.000	\$36.000
Tornillo chumacera ½*1½" (tuerca+guasa+doble arandela)	4	\$600	\$2.400
Tornillo motorreductor + base ½*1½" (tuerca+guasa+doble arandela)	8	\$600	\$4.800
Tornillo tapa de alimentación 3/8*½"	8	\$200	\$1.600
Tornillo ¼*1" (tuerca+arandela+guasa) para fijar tolva y cubrecadena	5	\$100	\$500
Mano de obra			\$1.000.000
<b>TOTAL</b>			\$3.068.550

Fuente: Los Autores

## 4.2. ESTRUCTURA MOLINO DE BOLAS

El soporte del molino de bolas fue elaborado con perfil estructural en L de 2"\*2"\*¼" el cual se consigue en el mercado en tramos de 6 metros de largo lo que conlleva a dividir el tramo previamente de acuerdo a la longitud deseada, optimizando de la mejor forma para así evitar desperdicio de material.

La estructura fué diseñada teniendo en cuenta la mejor forma en el proceso de construcción, el fácil acceso de los diferentes componentes y la altura correcta para la operación del molino.

Figura 102. Soporte



Fuente: Los autores

### 4.3. SISTEMA DE TRANSMISION DE POTENCIA

Figura 103. Transmisión de potencia



Fuente: Los autores

Este sistema está constituido por: motorreductor el cual fue ensamblado por medio de una brida con un motor de 1.8 Hp. Toshiba y un reductor Ramfe con una reducción de 20:1, una cadena # 40 de paso ½” con su respectiva unión, piñones 40B24 y 40B28 a los cuales fue necesario maquinarlos y hacerles su respectivo cuñero, eje de  $\text{Ø}=1\frac{1}{2}$ ” maquinado con sus respectivos cuñeros y un buje con cuñero también maquinado.

#### 4.4. SISTEMA CAMARA DE MOLIENDA

Figura 104. Cámara de molienda



Fuente: Los autores

La cámara de molienda está constituida por una lámina de acero A36 de 3/8" de espesor la cual fue necesario cilindrar debido a que en el mercado local la tubería que se consigue no está en condiciones optimas para la construcción del cilindro ni para darle un buen acabado, un anillo brida que tiene 12 agujeros para sujeción de la brida de 1/2" de espesor y va soldado al cilindro, una brida de 1/2" de espesor que lleva 12 agujeros, 12 tornillos con tuerca y guasa de 1\*2 1/4" los cuales se ajustan muy bien para evitar posibles fugas, una tapa de alimentación que se corta por plasma cuidadosamente del cilindro y a la vez va soldada a una sobretapa las cuales se fijan al cilindro por medio de bisagra y 8 tornillos los cuales se deben ajustar muy bien, una tapa de cilindro de 1/2" de espesor que va soldada al cilindro, un eje soporte de  $\text{Ø}=1\frac{1}{2}$ " y un buje que va soldado a la tapa del cilindro.

#### 4.5. OTROS ELEMENTOS DEL MOLINO DE BOLAS

❖ Tolva.

Figura 105. Tolva



Fuente: Los autores

La tolva se elaboró con lámina calibre 14 donde fue necesario soldar las pestañas diagonales para su construcción debido a que el dobles en esta zona era complicado. La tolva va atornillada a la estructura.

❖ Rodamiento con soporte

Figura 106. Rodamiento con soporte



Fuente: Los autores

El molino de bolas lleva dos rodamientos con soporte los cuales se fijan a la estructura (soporte) por medio de tornillos con sus respectivas tuercas.

❖ Guarda cadena

Figura 107. Guarda cadena



Fuente: Los autores

El guarda cadena se elaboró con lámina calibre 14 y malla metálica. Este tiene dos platinas las cuales se sujetan a la estructura (soporte) por medio de tornillos con sus respectivas tuerca y guasa. Es de vital importancia en la prevención de accidentes para este equipo.

#### **4.6. MOLINO DE BOLAS**

Figura 108. Molino de bolas



Fuente: Los autores

#### **4.7. PRESUPUESTO MOLINO DE BOLAS**

En la realización del proyecto se invirtieron recursos considerables en dinero; representados en papelería, bibliografía, transporte, materiales, montaje y construcción entre otros, los costos totales de la construcción del molino de bolas están especificados en la tabla siguiente:

Tabla 23. Presupuesto de la construcción molino de bolas

<b>PRESUPUESTO DE LA CONSTRUCCION DE MOLINO DE BOLAS</b>	
Papelería (memorias, cartas, fotocopias, empastes, impresiones, etc.)	\$300.000
Bibliografía (libros técnicos, manuales, catálogos)	\$500.000
Transporte	\$1.000.000
Materiales	\$2.068.550
Montaje y construcción	\$1.000.000
<b>Costo total del proyecto</b>	<b>\$4.868.550</b>

Fuente: LosAutores

#### 4.8. PRUEBAS Y RESULTADOS

Para el diseño del molino de bolas fue necesario partir de la carga a moler, de acuerdo a esto se comenzaron a cuantificar los requerimientos de los diferentes sistemas como lo son el tamaño de la cámara de molienda y la potencia requerida por el molino para el sistema de potencia; por esto, es necesaria una fase de pruebas para así confrontar el análisis teórico con lo práctico.

Se realizaron pruebas variando diferentes parámetros que intervienen en el proceso de molienda como lo son: tiempo de molienda, carga de bolas y carga de material a moler (granito de cuarzo, mármol).

Figura 109. Pruebas



Fuente: Los Autores

Tabla 24. Prueba de funcionamiento molino de bolas

<b>CONDICIONES DE LA PRUEBA</b>				
<b># de Prueba</b>	<b>1 (mármol)</b>	<b>2 (granito de cuarzo)</b>	<b>3 (granito de cuarzo)</b>	<b>4 (granito de cuarzo)</b>
<b>Carga de material a moler</b>	12.5 kg	12.5 kg	12.5 kg	12.5 kg
<b>Carga de bolas</b>	97 kg	68 kg	30 kg	15 kg
<b>RPM del molino</b>	72	72	72	72
<b>Tiempo (minutos)</b>	45	15	10	5
<b>Resultados</b> (muestra de 500 de carga de molino para tamizaje)				
<b># de Prueba</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Masa tamiz 45</b>	14.16 g	35.65 g	32.75 g	24.99 g
<b>Masa tamiz 50</b>	26.7 g	55.67 g	38.31 g	29.06 g
<b>Masa tamiz 60</b>	54.56 g	56.58 g	55.86 g	36.8 g
<b>Masa tamiz 70</b>	8.36 g	19.96 g	6.64 g	4.99 g
<b>TOTAL</b>	<b>103.78 g</b>	<b>167.86 g</b>	<b>133.56 g</b>	<b>95.84</b>

Fuente: Los Autores

Figura 110. Resultados



Fuente: Los autores

#### 4.8.1. Compendio de Resultados

Tabla 25. Análisis de resultados pruebas molino de bolas

<b>COMPENDIO DE RESULTADOS</b>				
<b># de Prueba</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Total por 500 g. de muestra</b>	103.78 g	167.86 g	133.56 g	94.84 g
<b>Promedio total carga completa (12.5kg)</b>	1.29725 kg	2.09825 kg	1.6695 kg	1.198 kg
<b>Total de muestra disponible para fabricación de bandas antideslizante</b>	<b>6.263 kg. (50.1% de la carga completa)</b>			

Fuente: Los Autores

La prueba de la cual se obtuvo un mayor porcentaje de material con tamaño de grano deseado para la fabricación de las bandas antideslizantes fue la número dos que tiene como parámetros: tiempo de 15 minutos, carga de bolas de 68 kilogramos y 12.5 kilogramos de granito de cuarzo.

#### 4.8.2. Caracterización Gráfica de Resultados

Al realizar el procedimiento de molienda se observaron cuatro variables que comandan el proceso de reducción de tamaño de grano, ellas son:

- ❖ Velocidad: Hace referencia a las revoluciones por minuto a las cuales opera la cámara de molienda, en nuestro caso se decidió establecer el parámetro constante a 72.
- ❖ Carga de Material a Moler: Esta variable se refiere a la masa de Granito de Cuarzo que se desea procesar para aprovechar su diferente granulometría.
- ❖ Masa de Cuerpos Moledores: Hace referencia a las bolas de aleación de manganeso que se utilizan en la parte interna de la cámara de molienda y golpean el granito para reducir su granulometría.
- ❖ Tiempo de Molienda: Es el lapso de tiempo transcurrido desde el momento inicial de la operación rotativa hasta el cumplimiento del objetivo de reducción.

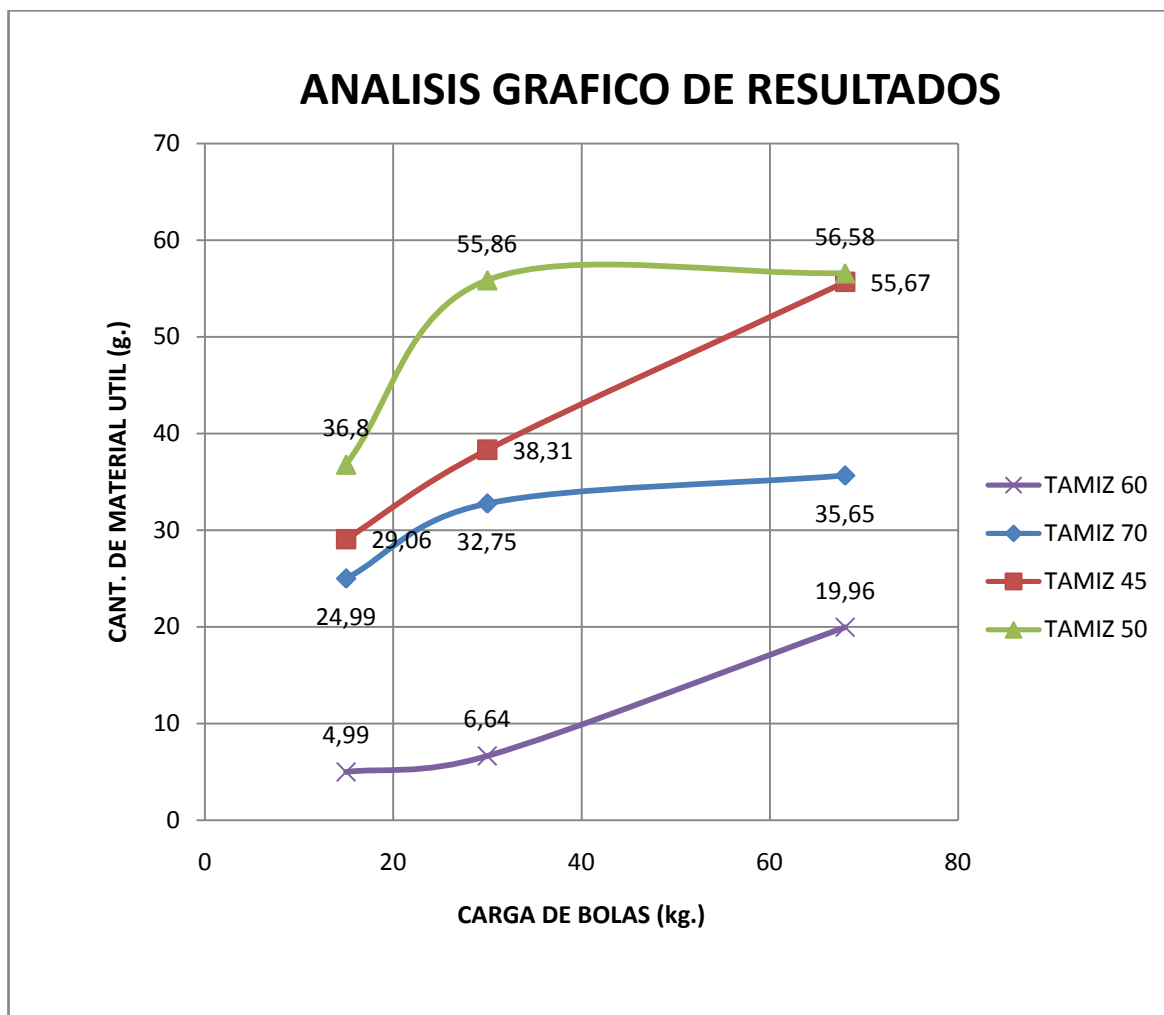
##### 4.8.2.1. Análisis de Datos de Material útil en función de Carga de Cuerpos Moledores

Tabla 26. Cantidades de Material Útil según diferente carga de Bolas

<b>CARGA DE BOLAS (Kg.)</b>	<b>TAMIZ 45 (g.)</b>	<b>TAMIZ 50 (g.)</b>	<b>TAMIZ 60 (g.)</b>	<b>TAMIZ 70 (g.)</b>
<b>15</b>	24,99	29,06	36,8	4,99
<b>30</b>	32,75	38,31	55,86	6,64
<b>68</b>	35,65	55,67	56,58	19,96

Fuente: Los Autores

Figura 111. Interpretación Grafica de Material Útil según carga de Cuerpos Moledores



Fuente: Los Autores

De la Tabla 24. Condiciones de las Pruebas, se extrajeron los resultados de material útil para la fabricación de bandas antideslizantes según su diferente granulometría y cantidad de cuerpos moledores. Estos datos se registran en la Tabla, de allí se procedió a realizar un análisis grafico ilustrado en la Figura, mas adelante se muestra la regresión polinomial obtenida para las graficas expuestas.

#### 4.8.2.2. Análisis de Datos de Material útil en función de Tiempo de Molienda

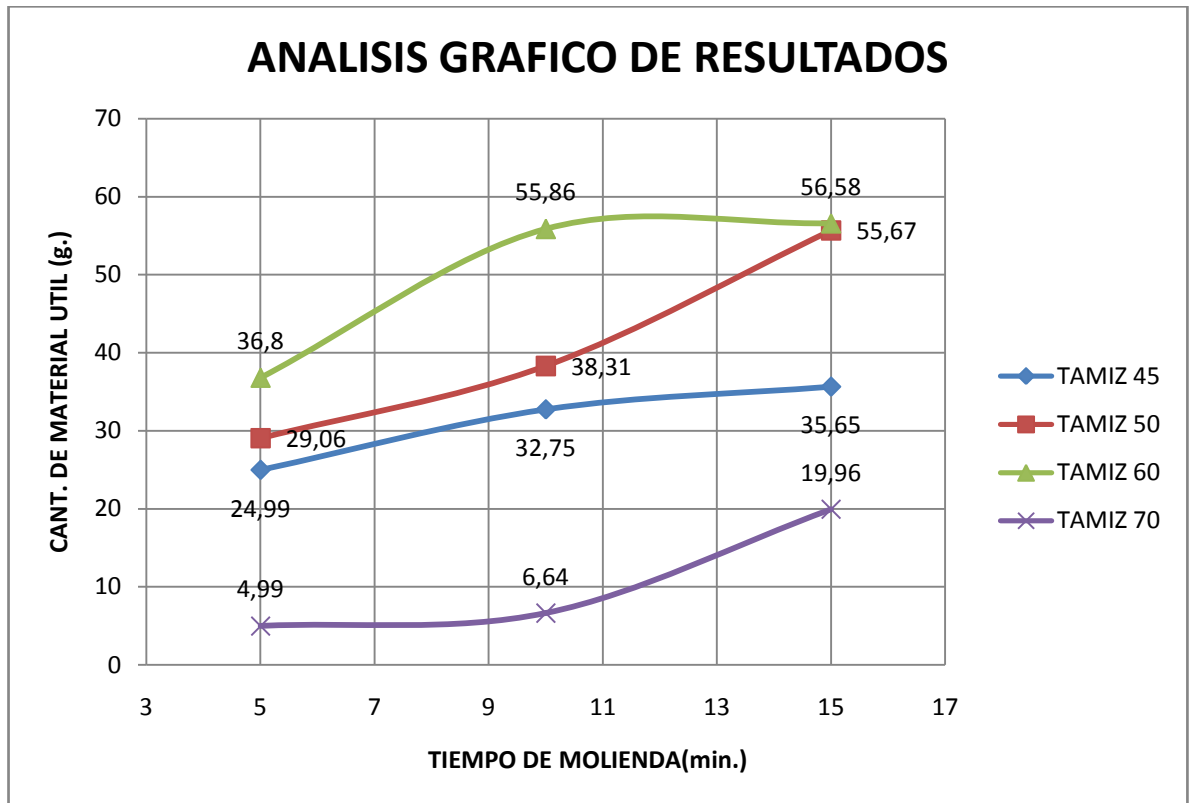
Tabla 27. Cantidades de Material Útil según diferente Tiempo de Molienda

<b>TIEMPO DE MOLIENDA (min.)</b>	<b>TAMIZ 45 (g.)</b>	<b>TAMIZ 50 (g.)</b>	<b>TAMIZ 60 (g.)</b>	<b>TAMIZ 70 (g.)</b>
<b>5</b>	24,99	29,06	36,8	4,99
<b>10</b>	32,75	38,31	55,86	6,64
<b>15</b>	35,65	55,67	56,58	19,96

Fuente: Los Autores

Como podemos observar en las pruebas realizadas se variaron las variables de Tiempo de Molienda y Carga de Cuerpos Moledores, los datos obtenidos nos servirán para caracterizar el mejor régimen de trabajo para el equipo.

Figura 112. Interpretación Grafica de Material Útil según carga Tiempo de Molienda



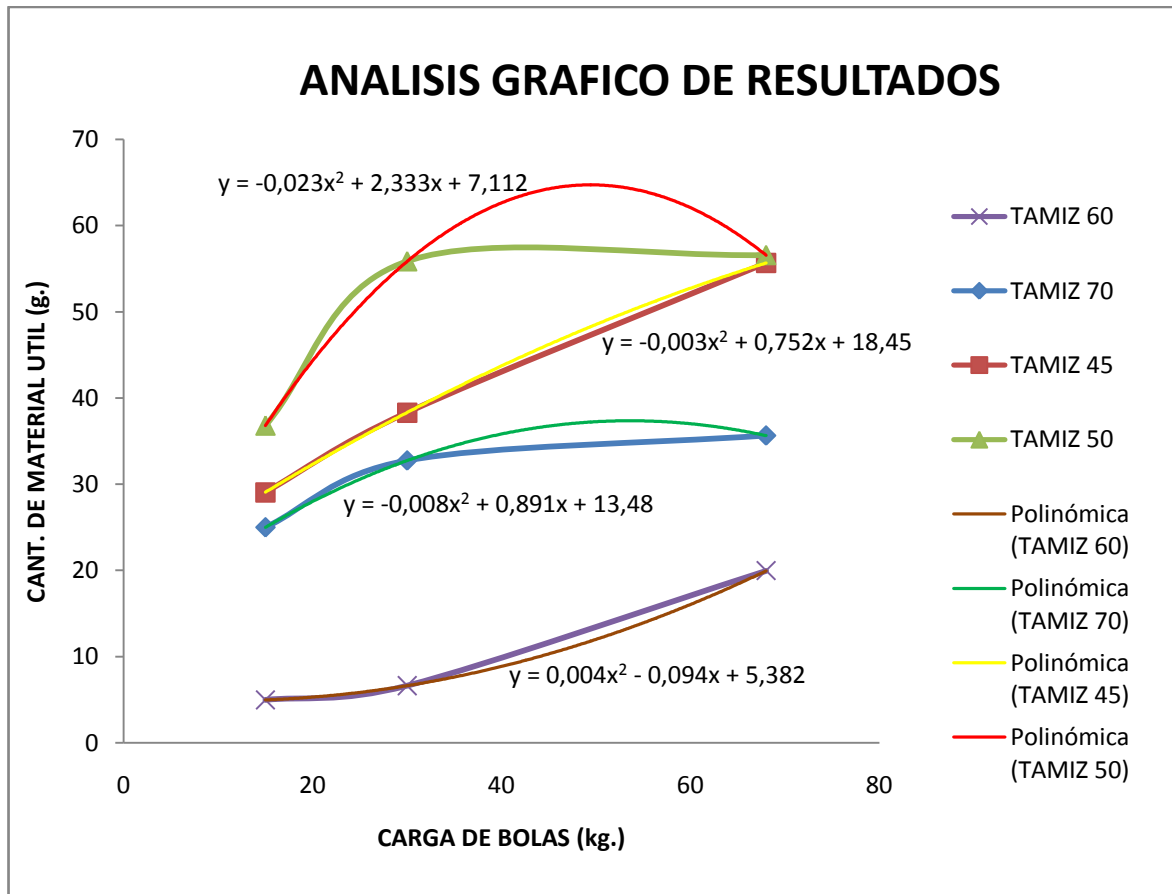
Fuente: Los Autores

#### 4.8.3. Reconocimiento Matemático de Resultados

Con el fin de obtener una orientación matemática del proceso de molienda, se realizó una regresión polinómica para cada grafica obtenida a partir de los datos de material útil según los parámetros variados que se ilustraron anteriormente. A continuación se muestran las graficas de material con la respectiva regresión polinómica y su ecuación característica.

#### 4.8.3.1 Reconocimiento Matemático de Datos de Material útil en función de Carga de Cuerpos Moledores

Figura 113. Grafica de Regresiones Polinómicas obtenidas a partir del Material Útil en función de Carga de Cuerpos Moledores



Fuente: Los Autores

Las ecuaciones obtenidas son las siguientes:

❖ Polinómica de TAMIZ 45

$$y = -0,003x^2 + 0,752x + 18,45$$

ecuación 63

❖ Polinómica de TAMIZ 50

$$y = -0,023x^2 + 2,333x + 7,112 \quad \text{ecuación 64}$$

❖ Polinómica de TAMIZ 60

$$y = 0,004x^2 - 0,094x + 5,382 \quad \text{ecuación 65}$$

❖ Polinómica de TAMIZ 70

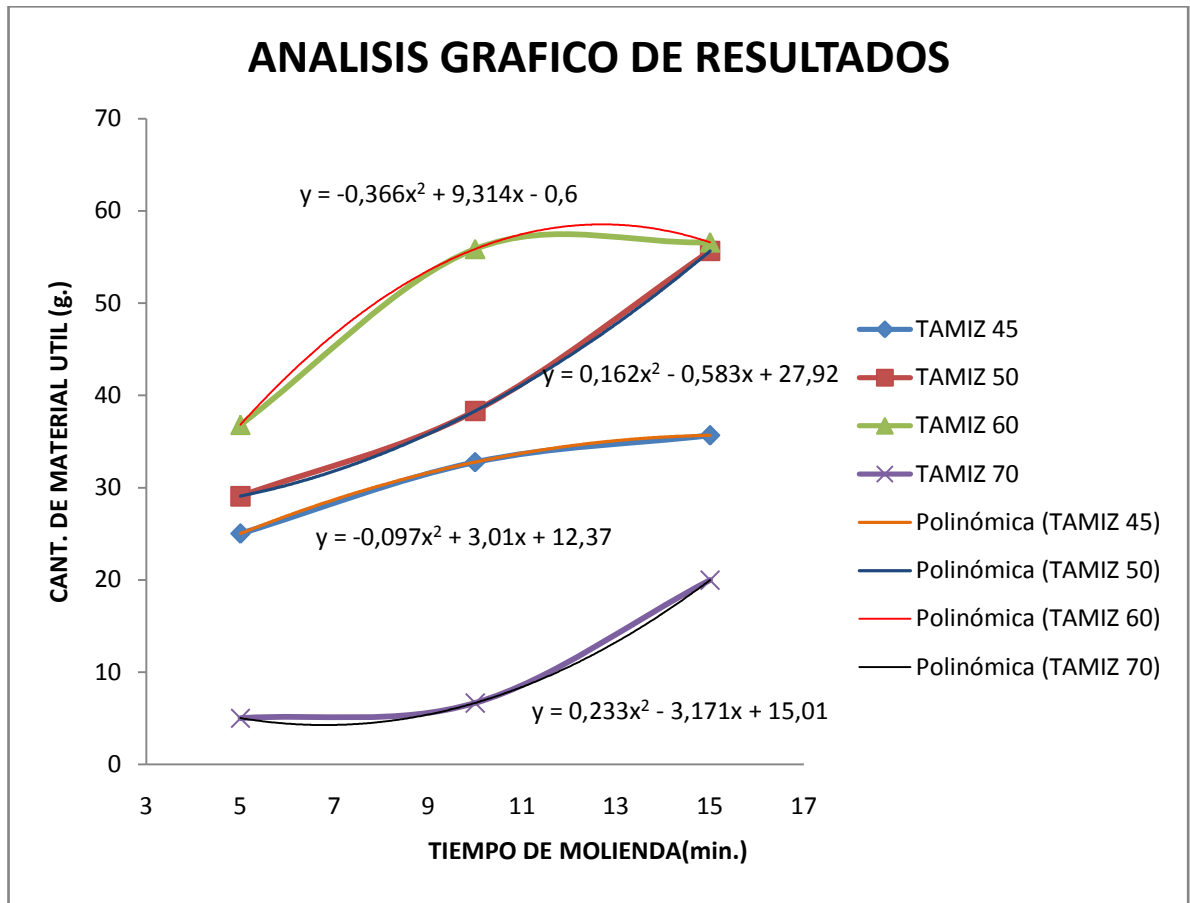
$$y = -0,008x^2 + 0,891x + 13,48 \quad \text{ecuación 66}$$

Es importante mencionar que para estas ecuaciones las coordenadas “x” corresponden a la variable CARGA DE BOLAS (Kg.) y las coordenadas “y” a la variable de CANTIDAD DE MATERIAL UTIL PARA LA FABRICACION DE BANDAS ANTODESLIZANTES FUNDIDAS (g.)

#### 4.8.3.2. Reconocimiento Matemático de Datos de Material útil en función de Tiempo de Molienda

Para este ítem, en las ecuaciones obtenidas tendremos que las coordenadas “x” corresponden a la variable TIEMPO DE MOLIENDA (min.) y las coordenadas “y” a la variable de CANTIDAD DE MATERIAL UTIL PARA LA FABRICACION DE BANDAS ANTODESLIZANTES FUNDIDAS (g.)

Figura 114. Grafica de Regresiones Polinómicas obtenidas a partir del Material Útil en función de Tiempo de Molienda



Fuente: Los Autores

Las ecuaciones obtenidas son las siguientes:

❖ Polinómica de TAMIZ 45

$$y = -0,097x^2 + 3,01x + 12,37 \quad \text{ecuación 67}$$

❖ Polinómica de TAMIZ 50

$$y = 0,162x^2 - 0,583x + 27,92 \quad \text{ecuación 68}$$

❖ Polinómica de TAMIZ 60

$$y = -0,366x^2 + 9,314x - 0,6$$

ecuación 69

❖ Polinómica de TAMIZ 70

$$y = 0,233x^2 - 3,171x + 15,01$$

ecuación 70

## **5. MANTENIMIENTO, INSTRUCTIVO DE OPERACIONES Y MONTAJE DE EQUIPOS**

El mantenimiento que se va a realizar a los equipos es de forma planificada y programada con anterioridad, es decir de forma preventiva teniendo como base inspecciones periódicas y establecidas de acuerdo a cada componente de los equipos y está enfocado a descubrir posibles defectos o fallas que puedan ocasionar paradas repentinas o que puedan afectar la vida útil del equipo.

### **5.1. MOLINO DE BOLAS**

#### **5.1.1. Montaje del molino de bolas**

- ❖ El piñón de arrastre debe estar bien centrado y concéntrico al eje del reductor.
- ❖ Las catarinas deben estar alineadas viéndolas lateralmente.
- ❖ Los dientes de las catarinas no deben estar desgastados.
- ❖ Se debe aplicar silicona en la brida para evitar posibles fugas.
- ❖ Los prisioneros, tuercas, cuñas y todo material que sujeta las catarinas, el motorreductor, los soportes de los rodamientos, el guardacadena, la tolva, la base del motorreductor y la cámara de molienda deben ser revisados.
- ❖ Verificar el estado del empaque de la tapa de alimentación; si se encuentra deteriorado cambiarlo.

#### **5.1.2. Instructivo de operaciones de molino de bolas**

##### **5.1.2.1 Arranque**

- ❖ Verificar que la fuente de alimentación para poner en marcha el molino sea la correcta.
- ❖ Soltar los tornillos de la tapa de alimentación.

- ❖ Introducir en la cámara de molienda el material a moler y los cuerpos moledores (bolas).
- ❖ Ajustar muy bien los tornillos de la tapa de alimentación para evitar posibles fugas.

#### 5.1.2.2 Operación

- ❖ Encender el molino por medio del pulsador.
- ❖ En lo posible en la operación de molienda estar retirado del molino debido a que es un equipo ruidoso por su principio de funcionamiento.

#### 5.1.2.3 Parada

- ❖ Parar el molino por medio del pulsador.
- ❖ Soltar tornillos de tapa de alimentación de cámara de molienda.
- ❖ Sacar los cuerpos moledores (bolas) de la cámara de molienda.
- ❖ Extraer el material molido vaciando la cámara de molienda en la tolva para ser tamizado posteriormente.
- ❖

#### 5.1.3. Problemas, causas y soluciones en el molino de bolas

Tabla 28. Problemas, causas y soluciones en el molino de bolas

PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
<b>Sobrecalentamiento del reductor</b>	Carga excesiva	Retirar sobrecarga
	Bajo voltaje en el motor	Verificación del circuito por técnico eléctrico.
	Nivel de aceite del reductor bajo	Lubricar
<b>Ruido excesivo</b>	Piñones mal hechos	Cambie de proveedor
	Piñones desalineados	Realíne los piñones
	Chumaceras (rodamientos) en mal estado o flojos	Cambie rodamientos, reapriete chumaceras
	Muy floja la cadena o muy tensa	Haga el ajuste correcto
	Desgaste excesivo en la cadena y/o en los piñones	Reemplace por unos nuevos. Cadena y/o piñones

	Rodillos rotos o faltantes	Reemplace la cadena
	Lubricación inadecuada	Lubrique correctamente
	Muy largo el paso de la cadena	Recalcule la transmisión
<b>vibración de la cadena</b>	Objetos extraños interfiriendo	Suprima la interferencia
	Rodillos rotos	Reemplace la cadena
<b>Desgaste por un flanco en los dientes del piñón o de los piñones y por el interior de las chapetas de la cadena</b>	Desalineamientos	Realíne los piñones y los ejes
<b>La cadena se monta sobre los dientes de los piñones</b>	Desgaste excesivo de la cadena	Reemplace la cadena
	Muy floja la cadena	Tensione la cadena
<b>Rotura de pasadores, bujes rodillos o chapetas</b>	Piñones mal tallados	Cambie de proveedor
	Lubricación inadecuada	Lubrique adecuadamente
	Material extraño acumulado en el fondo de los dientes	Mantenga limpia la transmisión
	Objeto extraño introducido	Retire el objeto extraño
<b>La cadena se agarrota (se pone rígida, no articula)</b>	Desalineamientos	Realíne piñones y cadena
	Lubricación inadecuada	Lubrique adecuadamente
	Corrosión	Proteja contra la corrosión o use cadena de material inoxidable
	Carga excesiva, permanente	Reduzca carga o recalcule la transmisión
	Material extraño acumulado entre las chapetas y entre los bujes y pasadores	Proteja la transmisión contra el material extraño
<b>La cadena no se suelta del piñón. Trata de envolverlo</b>	Cadena está muy floja, muy distencionada	Tensione incrementando la distancia entre los centros
	Cadena está muy desgastada	Reemplace la cadena
	La distancia entre los centros es muy larga	Instale un tensor

Fuente: Los Autores

#### 5.1.4. Mantenimiento de Molino de bolas

El mantenimiento como lo es de lubricación y ajuste debe ser realizado por personal capacitado. El mantenimiento del molino comprende la tensión de la cadena de transmisión de potencia. Los rodamientos que lleva el molino no es necesario lubricarlos pues estos vienen lubricados y sellados.

Tabla 29. Cronograma de actividades de mantenimiento preventivo para molino de bolas

COMPONENTES	PROCEDIMIENTO	INTENSIDAD		
		Semanal	Mensual	Trimestral
PIÑONES Y CADENA	Revisar alineación		X	
	Revisar tensión	X		
	Lubricar		X	
	Revisar desgaste		X	
MOTOR	Revisar temperatura	X		
	Revisar tornillos de sujeción		X	
	Revisar ruido		X	
CAMARA DE MOLIENDA	Ajuste de tornillos		X	
	Limpieza	X		

Fuente: Los Autores

## **5.2. EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL**

### **5.2.1. Montaje de equipo de remoción de material**

- ❖ Ubique las vigas y columnas entre las chupas.
- ❖ Enrosque las guías en vigas y columnas según corresponda.
- ❖ Posicione las guías de columnas en las platinas horizontales. Cerciórese de ajustar con los tres pasadores cada una.
- ❖ Posicione las guías de vigas en las platinas verticales. Cerciórese de ajustar con los tres pasadores cada una.
- ❖ Una mediante tornillo con tuerca de 3/8" las platinas verticales con las platinas horizontales.
- ❖ Utilice los travesaños para acoplar la parte derecha e izquierda del equipo
- ❖ Ubique las guías circulares entre los tubos de la araña para soporte de mototool.
- ❖ Posicione las guías circulares sobre las muescas de las platinas horizontales.
- ❖ Acople las tapas de las platinas horizontales en la parte superior derecha e izquierda respectivamente.
- ❖ Ajuste tapa, guías circulares, platinas y travesaños mediante tornillo y tuerca de 3/8".
- ❖ Ubique el mototool en la parte interna del tubo de ajuste para mototool.
- ❖ Ajuste con los tres prisioneros.

### **5.2.2. Instructivo de operaciones para equipo de remoción de material**

- ❖ Delimite la zona en la cual se va a remover material.
- ❖ Ubique el equipo de remoción de material de manera tal que se adhiera al piso mediante las chupas.

- ❖ Ubique el mototool con su tubo con su tubo de ajuste en la parte interna de la araña de ajuste para mototool.
- ❖ De ser necesario obtenga mayor precisión enroscando las guías y/o columnas según haga falta.

### 5.2.3. Mantenimiento de equipo de remoción de material

Tabla 30. Cronograma de actividades de mantenimiento preventivo para equipo de remoción de material.

COMPONENTES	PROCEDIMIENTO	INTENSIDAD		
		Semanal	Mensual	Trimestral
Todas las partes del equipo de remoción de material	Limpiar	X		
	Lubricar		X	
Guías, columnas, vigas.	Revisar temperatura	X		
	Revisar tornillos de sujeción		X	
	Revisar ruido		X	
Mototool	Limpieza	X		
	Cambiar punta		X	

Fuente: Los Autores

Debido a que el equipo es desarmable, liviano y debe mantenerse limpio es necesario que tenga su respectivo estuche.

## 6. CONCLUSIONES

- Se cumplió con el objetivo de diseñar los equipos que componen el sistema de producción de bandas antideslizantes, ambos equipos presentan gran facilidad de montaje y operación además de un plan de recambio de piezas muy sencillo y bien documentado. La ergonomía fue un ítem muy importante durante todo el proceso de creación y desarrollo de los diseños.
- El diseño y la investigación para la realización del molino de bolas es desarrollado de forma concisa y ordenada teniendo en cuenta los diferentes equipos que existen en la industria para molienda, encontrando el molino de bolas como la mejor opción para esta aplicación ya que es el equipo que genera la granulometría necesaria utilizando la menor cantidad de recursos y permitiendo gran flexibilidad en la variación de los parámetros operacionales.
- Se cumplió con el objetivo de la construcción del molino de bolas, obteniendo facilidad en su activación, gran eficiencia de producción, bajo nivel de vibraciones y cumpliendo con todas las normas de seguridad industrial para prevenir al máximo cualquier accidente. También posee un soporte con agujeros para sujeción al piso que debe posicionarse con un caucho que ayude a reducir ruidos y vibraciones.
- Se manejaron de manera adecuada los factores de producción en el molino, siendo uno de los más importantes el tiempo de molienda; ya que se observó en la caracterización matemática que es este el factor de mayor relevancia en la producción de granulometría apta para la fabricación de bandas antideslizantes fundidas.

- Debido a que en el proceso de molienda el control de la reducción de tamaño de grano es muy complejo por lo aleatorio del mismo, la cantidad de materia prima (cuarzo, mármol) que se pulveriza es alta, perdiendo las propiedades que son de interés para el proceso de elaboración de las bandas antideslizantes fundidas lo que implica desperdicio de material, sin embargo este residuo posee varias aplicaciones como son la mampostería, construcción de tinajas para baños, estucados, entre otros.
- De las pruebas realizadas se observó un aprovechamiento del 50% de material molido en un tiempo más corto de lo esperado, siendo este un gran porcentaje en comparación con equipos similares de reducción de material que realizan esta labor en el triple o más de tiempo.
- El equipo de remoción de material desarrollado permite fácil manejo, transporte, seguridad y ajuste gracias a su capacidad de desarme total en piezas sencillas que deben ser transportadas de manera ordenada en un embalaje liviano que posea espacios diferenciados y distanciados entre las piezas.
- Se desarrollaron instructivos de operación para fácil montaje, arranque, alimentación y descarga de los equipos que permiten el funcionamiento por parte de operarios sin mayor capacitación aparte de la existencia de los manuales mencionados.
- Se desarrollaron planes de mantenimiento preventivo y correctivo para los dos equipos diseñados que garantizaran mayor vida útil y confiabilidad en servicio pues el cronograma de actividades de mantenimiento preventivo es claro, conciso y de fácil interpretación. Así mismo la guía de diagnóstico de fallas, causa posible y acción correctiva es práctica y eficiente.

## BIBLIOGRAFIA

**ABRASIVOS Y MAQUINARIAS.** Tratamientos de superficies. Catálogos de productos. Disponible en: [www.aymsa.com](http://www.aymsa.com).

**AGROTECH.** Catálogo de Productos. Disponible en: [www.agrotech.ind.br](http://www.agrotech.ind.br)

**BIO-CIRCLE.** Catálogo de Productos. Disponible en: [www.biocircle.com](http://www.biocircle.com).

**CRAFTSMAN.** Catálogo de Productos. Disponible en:  
[www.mysears.com/Craftsman-Portable-Sandblasting-Kit-reviews?tab=details](http://www.mysears.com/Craftsman-Portable-Sandblasting-Kit-reviews?tab=details)

**DIRECT INDUSTRY.** Catálogo de Productos. Disponible en:  
[www.directindustry.es/prod/fam/trituradora-de-martillos-7253-291968.html](http://www.directindustry.es/prod/fam/trituradora-de-martillos-7253-291968.html)

**EARLE, R.L.** Ingeniería de los Alimentos. 2<sup>a</sup> ed. Zaragoza: Acribia, 1988.

**FELLOWS, P.** Tecnología del Procesamiento de los Alimentos. Zaragoza: Acribia, 1994.

**GKM.** Catálogo de Productos. Disponible en: [www.gkm-net.de/cms/1-0-Produkte.html](http://www.gkm-net.de/cms/1-0-Produkte.html)

**GROOVER, Mikell P.** Fundamentos de Manufactura Moderna. México Prentice Hall Hispanoamericana, 1997.

**GRUPO MCT. LIMPIEZAS.** Catálogo de Productos. Disponible en:  
[www.mctlimpiezas.com/limpieza.php](http://www.mctlimpiezas.com/limpieza.php).

**HELDMAN Dennon R., SINGH R. Paul.** Introducción a la Ingeniería de los Alimentos. Zaragoza: Acribia, 1998.

**INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS.** Normas Colombianas para la Presentación de Trabajos de Investigación. Sexta Actualización. Bogotá: ICONTEC 2008. NTC 1486

**JET-CHEM.** Catálogo de productos. Disponible en: [www.jet-chem.com](http://www.jet-chem.com)

**KLINDEX.** Catálogo de Productos. Disponible en: [www.klindex.it/downloads/pdf/rotoklin.pdf](http://www.klindex.it/downloads/pdf/rotoklin.pdf)

**McCABE, W; SMITH J.** Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. 4<sup>ta</sup> ed. Madrid. McGraw-Hill, 1995.

**MOTT Robert. L.** Diseño de elementos de máquinas. 4<sup>ta</sup>ed. España. Editorial Pearson Educación, 2006.

**PENNSYLVANIA CRUSHER CORPORATION.** Handbook of Crushing. USA. Disponible en: [WWW.penncrusher.com](http://WWW.penncrusher.com). 2005

**PERRY, J. H.** Chemical Engineers Handbook. 7<sup>a</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

**RETSCH.** Tamizado para un control de calidad perfecto. Catalogo de productos. Disponible en: [WWW.retschede](http://WWW.retschede). 2005

**STURTEVANT.** Catálogo de Productos. Disponible en: [www.sturtevantinc.com/brochures/Spanish\\_Proven\\_Performers.pdf](http://www.sturtevantinc.com/brochures/Spanish_Proven_Performers.pdf), Sturtevant inc.

**SUNTEC.** Maquinaria Técnica S. L. Catálogo de Productos. Disponible en: [www.suntecmt.com/](http://www.suntecmt.com/).

**W. S. TYLER.** Catálogo de Productos. Disponible en: [www.weavingideas.net/es/aplicaciones-y-productos/tamices-industriales.html](http://www.weavingideas.net/es/aplicaciones-y-productos/tamices-industriales.html).

ANEXOS

ANEXO A. Tabla de Propiedades de materiales ferrosos

Material	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Módulo de elasticidad [Gpa]	Resistencia a fluencia [Mpa]	Resistencia a la rotura [Mpa]	Ductilidad % alarg. en 2 pulgadas	coeficiente de Poisson	Conduct. Térmica [W/m·°C]	Coef. de dilatación (°C) <sup>-1</sup> 10 <sup>-6</sup>
Fundición	7870	207	130	260	45	0.29	80	11.8
fundición gris	7150	variable	---	125	--	variable	46	10.8
fundición nodular	7120	165	275	415	18	0.28	33	11.8
fundición maleable	7200	172	220	345	10	0.26	51	11.9
Acero AISI 1020	7860	207	295	395	37	0.30	52	11.7
Acero AISI 1040	7850	207	350	520	30	0.30	52	11.3
Acero AISI 1080	7840	207	380	615	25	0.30	48	11.0
Acero AISI 446	7500	200	345	552	20	0.30	21	10.4
Acero AISI 316	800	193	207	552	60	0.30	16	16.0
Acero AISI 410	7800	200	275	483	30	0.30	25	9.9

ANEXO B. Tabla de Propiedades Químicas y Mecánicas de aceros



A. STECKERL HIERROS Y ACEROS S.A.



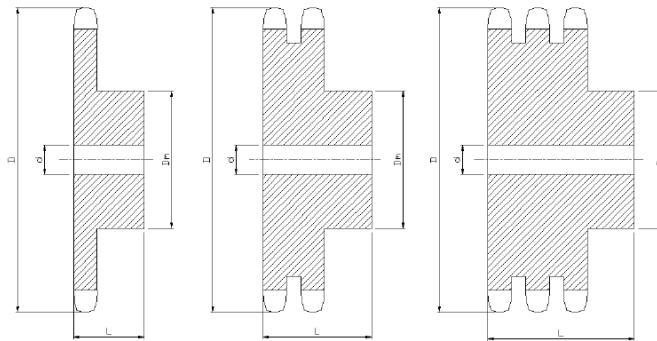
Propiedades Químicas y Mecánicas para las normas más usuales en Colombia

CALIDADES	C	Mn	P	S	Si	Cu	N	Ni	Cr	V	LIMITE ELASTICO		RESISTENCIA A LA TRACCION		% DE ALARGAMIENTO	
	MAX	MIN - MAX	MAX	MAX	MIN - MAX	MIN - MAX	MAX	MAX	MIN - MAX	MIN - MAX	(KSI)	(MPA)	(KSI) MIN - MAX	(MPA) MIN - MAX		
ASTM A-36	0.29	0.85 - 1.20	0.040	0.050	0.15 - 0.40	0.20*1	---	---	---	---	36	250	58 - 80	400 - 550	20	
ASTM A-131 GR A	0.23	---	0.035	0.040	---	---	---	---	---	---	34	235	58 - 71	400 - 490	21	
ASTM A-283 GR C	0.24	0.90	0.035	0.040	0.15 - 0.40	0.20*1	---	---	---	---	30	205	55 - 75	380 - 515	22	
ASTM A-285 GR C	0.28	0.98	0.035	0.035	---	---	---	---	---	---	30	205	55 - 75	380 - 515	23	
ASTM A-515 GR 70	0.35	1.30	0.035	0.035	0.15 - 0.40	---	---	---	---	---	38	260	70 - 90	485 - 620	17	
ASTM A-516 GR 70	0.31	0.85 - 1.20	0.035	0.035	0.15 - 0.40	---	---	---	---	---	38	260	70 - 90	485 - 620	17	
ASTM A-572 GR 50	0.23	1.35	0.040	0.050	0.15 - 0.40	---	---	---	---	---	50	345	65	450	20	
ASTM A-588 GR B	0.20	0.75 - 1.35	0.040	0.050	0.15 - 0.40	0.20 - 0.40	---	0.50	0.40 - 0.70	0.01 - 0.1	50	345	70	485	18	
ASTM A-706	0.30	1.50	0.035	0.045	- 0.50	---	---	---	---	---	58	400	80	550	14	
ST 37-2 G	0.21	---	0.055	0.050	---	---	0.01	---	---	---	51	215	52 - 74	360 - 510	20	
ST 44 G	0.23	---	0.050	0.045	---	---	---	---	---	---	35	245	62 - 84	430 - 580	18	
ST 52 G	0.22	---	0.050	0.045	---	---	---	---	---	---	47	325	74 - 98	510 - 680	16	
AR 400	0.20	1.60	0.030	0.030	0.55	---	---	---	0.40	---	---	1000	---	1300	12	
AR 450	0.21	1.60	0.025	0.010	---	---	---	0.25	0.50	425 - 475	---	1200	---	1400	10	
AR 500	0.29	1.60	0.025	0.010	0.70	---	---	0.50	1.00	470 - 530	---	1300	---	1650	8	
											DUREZA BRINELL		360 Min	380 - 400 typical		
A-514 Gr. B	0.21	0.80 - 1.10	0.035	0.04	0.40 - 0.80	---	---	---	0.5 - 0.80	---	3/4"	100	690	110 - 130	760 - 895	18
											3/4" - 2 1/2"	100	690	110 - 130	760 - 895	18
											2 1/2" - 6	90	320	110 - 130	760 - 895	16

## ANEXO C. Selección de las catarinas

Los piñones seleccionados son referencia **40B22** y **40B76** sencillos.

### PIÑONES PARA CADENA ANSI No. 40



REF	D	SENCILLOS			REF	DOBLES			REF	TRIPLES		
		Dm	L	d		Dm	L	d		Dm	L	d
40B10 R	45,5	32	22	12,7	40-2B10 R	27	38	12,7	40-3B10 R	27	51	12,7
40B11 R	49,5	35	22	12,7	40-2B11 R	37	38	12,7	40-3B11 R	37	51	12,7
40B12 R	53,8	40	22	12,7	40-2B12 R	40	38	12,7	40-3B12 R	40	51	12,7
40B13	57,9	40	22	12,7	40-2B13	38	38	12,7	40-3B13	38	51	12,7
40B14	62,0	43	22	12,7	40-2B14	43	35-38	12,7	40-3B14	43	51	12,7
40B15	66,0	46	22	15,88	40-2B15	46	38	12,7	40-3B15	46	51	12,7
40B16	70,1	51	22	15,88	40-2B16	51	38	15,88	40-3B16	51	51	15,88
40B17	74,2	54	25	15,88	40-2B17	54	38	15,88	40-3B17	54	51	15,88
40B18	78,5	59	26	15,88	40-2B18	59	38	15,88	40-3B18	59	51	15,88
40B19	82,6	64	26	15,88	40-2B19	64	38	15,88	40-3B19	64	51	15,88
40B20	86,6	67	26	15,88	40-2B20	67	42	15,88	40-3B20	67	51	15,88
40B21	90,7	69	25	15,88	40-2B21	70	42	15,88	40-3B21	70	51	15,88
40B22	94,7	73	26	15,88	40-2B22	73	42	15,88	40-3B22	73	51	15,88
40B75	309,4	102	32	19,05	40-2B75	108	54	30,16	40-3B75	108	64	30,16
40B76	313,4	102	33	19,05	40-2B76	108	54	30,16	40-3B76	108	64	30,16
40B77	317,5	102	33	19,05	40-2B77	108	55	30,16	40-3B77	108	70	30,16
40B78	321,6	102	34	19,05	40-2B78	108	54	30,16	40-3B78	108	70	30,16
40B79	325,6	102	34	19,05	40-2B79	108	54	30,16	40-3B79	108	70	30,16
40B80	329,7	102	34	19,05	40-2B80	108	54	30,16	40-3B80	108	70	30,16

## ANEXO D. Selección de rodamientos


### ❖ Denominación de los rodamientos ( 2 )

#### Dimensiones principales, sistemas de denominación

▼ Ejemplos para la denominación de la serie y del agujero del rodamiento en el signo básico según DIN 623


Rodamiento rígido de bolas  
Serie de anchuras 0  
Serie de diámetros 2  
Agujero 05-5  $\Delta$  30 mm

**6206**




Rodamiento de bolas de contacto angular, de un hilera  
Serie de anchuras 0  
Serie de diámetros 3  
Agujero 05-5  $\Delta$  25 mm

**7305B**




Rodamiento de rodillos cónicos  
Serie de anchuras 0  
Serie de diámetros 2  
Agujero 09-5  $\Delta$  45 mm

**30209A**



Rodamiento de rodillos cilíndricos  
Rebordes en el aro exterior  
Serie de anchuras 2  
Serie de diámetros 3  
Agujero 14-5  $\Delta$  70 mm

**NU2314E**



▼ Denominación de rodamientos de rodillos cónicos con dimensiones métricas según DIN ISO 355

**Ejemplo:** T 3 D B 045

Letra para rodamientos de rodillos cónicos

Rango del ángulo de contacto

Serie del ángulo	Rango del ángulo de contacto
	más de hasta
1	reservado
2	10° ... 13°52'
3	13°52' ... 15°59'
4	15°59' ... 18°55'
5	18°55' ... 23°
6	23° ... 27°
7	27° ... 30°

Agujero en mm	
Razón entre la anchura del rodamiento y el alto de sección	
Serie de anchuras	$\frac{T}{(D-d) 0,95}$
más de hasta	
A	reservado
B	0,50 ... 0,68
C	0,68 ... 0,80
D	0,80 ... 0,88
E	0,88 ... 1,00

Razón entre diámetro exterior y agujero	
Serie de diámetros	$\frac{D}{d 0,77}$
más de hasta	
A	reservado
B	3,40 ... 3,80
C	3,80 ... 4,40
D	4,40 ... 4,70
E	4,70 ... 5,00
F	5,00 ... 5,60
G	5,00 ... 7,00

# # de rodamiento 6208

## ❖ Dimensiones internas y externas del rodamiento

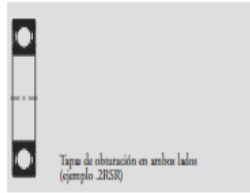
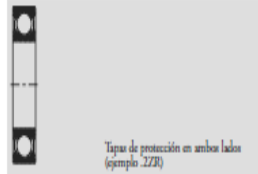
### Rodamientos FAG rígidos de bolas

Rodamientos obturados · Carga equivalente

#### Rodamientos rígidos de bolas obturados

En las ejecuciones básicas, FAG suministra rodamientos rígidos de bolas abiertos, con tapas de protección (obturaciones no rozantes) o con tapas de obturación (obturaciones rozantes) en ambos lados. Estos rodamientos se llenan desde la fábrica con una grasa de calidad aprobada según las prescripciones de FAG. Bajo demanda también suministramos rodamientos sin engrasar y obturados por un lado.

En los rodamientos con tapas de protección (sufijo .ZZR, rodamientos con un diámetro exterior de hasta 22 mm sufijo .ZZ) la velocidad límite es menor que la de los rodamientos abiertos.



En cuanto al comportamiento de los rodamientos obturados frente a altas velocidades, este está descrito en la página 86; el límite inferior de temperatura es de -30° C. Más detalles sobre obturaciones se encuentran en las páginas 125 y siguientes.

#### Carga dinámica equivalente

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad [\text{kN}]$$

Al crecer la carga axial de los rodamientos rígidos de bolas también aumenta su ángulo de contacto. Los valores X y Y dependen de la razón  $f_0 \cdot F_a / C_0$ , ver tabla abajo. El factor  $f_0$  puede deducirse de la tabla en la página 149.  $C_0$  es la capacidad de carga estática. Si un rodamiento se monta con ajustes normales (es decir un mecanizado del eje según j5 o k5 y del soporte según J6) se aplican los valores indicados en la tabla de abajo.

#### Carga estática equivalente

$$P_0 = F_r \quad [\text{kN}] \text{ para } \frac{F_a}{F_r} \leq 0,8$$

$$P_0 = 0,6 \cdot F_r + 0,5 \cdot F_a \quad [\text{kN}] \text{ para } \frac{F_a}{F_r} > 0,8$$

Los rodamientos con obturaciones no rozantes .RSD (véase la descripción en página 125) tienen un comportamiento a fricción tan favorable como los rodamientos con tapas de protección .ZR. Con el aro interior estacionario y el aro exterior giratorio la cantidad de lubricante que se pierde en los rodamientos con tapas de protección .RSD, es menor que en los rodamientos con tapas de protección .ZR. Bajo demanda se suministran rodamientos rígidos de bolas con obturaciones .RSD.

En los rodamientos con obturaciones rozantes (sufijo .ZRSR, rodamientos con un diámetro exterior hasta 22 mm sufijo .ZRS) la velocidad deslizante permisible de los labios obturadores limita la velocidad del rodamiento, por lo que en las tablas sólo se indican la velocidad límite.

#### ▼ Factores radiales y axiales de los rodamientos rígidos de bolas

$\frac{F_a \cdot F_r}{C_0}$	Juego normal de rodamiento				Juego de rodamiento C3				Juego de rodamiento C4						
	$\frac{F_a}{F_r} \leq 0$		$\frac{F_a}{F_r} > 0$		$\frac{F_a}{F_r} \leq 0$		$\frac{F_a}{F_r} > 0$		$\frac{F_a}{F_r} \leq 0$		$\frac{F_a}{F_r} > 0$				
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y			
0,3	0,22	1	0	0,58	2	0,32	1	0	0,48	1,7	0,4	1	0	0,44	1,4
0,5	0,24	1	0	0,58	1,8	0,35	1	0	0,48	1,58	0,43	1	0	0,44	1,31
0,9	0,28	1	0	0,58	1,58	0,39	1	0	0,48	1,41	0,46	1	0	0,44	1,23
1,0	0,32	1	0	0,58	1,4	0,43	1	0	0,48	1,27	0,48	1	0	0,44	1,16
3	0,39	1	0	0,58	1,2	0,48	1	0	0,48	1,14	0,52	1	0	0,44	1,08
6	0,43	1	0	0,58	1	0,54	1	0	0,48	1	0,56	1	0	0,44	1

### Rodamientos FAG rígidos de bolas

Carga equivalente

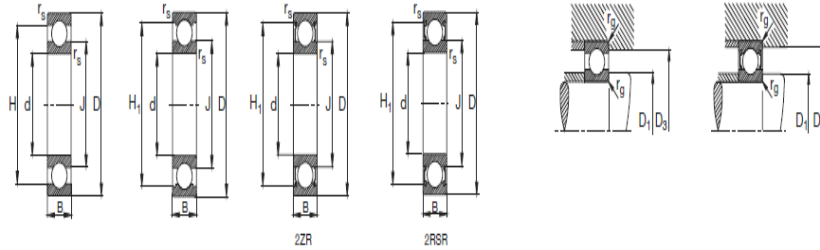
#### ▼ Factor $f_0$ para rodamientos rígidos de bolas

Número característico del agujero	Factor $f_0$	Serie de rodamientos														
		018	100	101	00	02	022	03	003	04						
3						12,9										
4						12,2						13,2				
5						13,2						13				
6						13										
7						13			13			12,4				
8						12,4			13							
9						13			12,4							
00						12,4			12,1			12,1		11,3		
01						13			12,3			12,2		11,1		
02						13,9			13,9			13,1		12,1		12,1
03						14,3			14,3			13,1		12,3		12,2
04						14,9			13,9			13,1		12,4		12,1
05						15,4			14,5			13,8		12,4		12,4
06						15,2			14,8			13,8		13		12,2
07						15,0			14,8			13,8		13,1		13,1
08						16			15,3			14		13		13,2
09						15,9			15,4			14,3		13		13,1
10						16,1			15,6			14,3		13		13,1
11						16,1			15,4			14,3		12,9		13,2
12						16,3			15,5			14,3		13,1		13,2
13						16,4			15,7			14,3		13,2		12,3
14						16,2			15,5			14,4		13,2		12,1
15						16,4			15,7			14,7		13,2		12,2
16						16,4			15,8			14,8		13,2		12,3
17						16,4			15,7			14,7		13,1		12,3
18						16,3			15,6			14,5		13,9		12,2
19						16,5			15,7			14,4		13,9		
20						16,5			15,9			14,4		13,8		
21						16,3			15,8			14,3		13,8		
22						16,3			15,8			14,3		13,8		
24						16,5			15,9			14,8		13,5		
26						16,4			15,8			14,5		13,6		
28						16,5			16			14,8		13,8		
30						16,4			16			15,2		13,7		
32						16,5			16			15,2		13,9		
34						16,4			15,7			15,3		13,9		
36						16,3			15,6			15,3		13,9		
38						16,4			15,8			15		14		
40						16,3			15,6			15,3		14,1		
44						16,3			15,6			15,2		14,1		
46						16,5			15,8			15,2		14,2		
52						16,4			15,7			15,2				
56						16,5			15,9			15,3				
60						16,4			15,7							
64						15,9			16,5							
66						15,9			16,3							
72						15,8			16,4							
76						16			16,5							
80						15,9										
84						15,9										
88						15,8										
92						16										
96						16										
/500						15,9										
/530						15,9										
/560 ...																
/650						15,8										

## ❖ Dimensiones generales del rodamiento 6208

### Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera

Los rodamientos pueden alcanzar una duración de vida ilimitada, si  $C_0/P_0 \geq 8$ , ver Fig.41.



Eje	Dimensiones							Peso [kg]	Capacidad de carga		Velocidad límite [min <sup>-1</sup> ]	Velocidad de referencia	Denominación abreviada Rodamiento FAG	Medidas auxiliares		
	d mm	D	B	r <sub>s</sub> mm	H mm	H <sub>1</sub> mm	J mm		dyn. C	stat. C <sub>0</sub>				D <sub>1</sub> min mm	D <sub>2</sub> max mm	r <sub>g</sub> max
40	40	80	18	1.1	67.5	70.4	53	0.371	29	18	20000	11000	6208	47	73	1
	40	80	18	1.1	67.5	70.4	53	0.371	29	18	20000	11000	6208 W203B	47	73	1
	40	80	18	1.1	67.5	70.4	53	0.382	29	18	8500	11000	6208 2ZR	47	73	1
	40	80	18	1.1	67.5	70.4	53	0.384	29	18	5800		6208 2RSR	47	73	1
	40	80	18	1.1	67.5	70.4	53	0.384	29	18	5600		6208 2RSR W203B	47	73	1
	40	80	23	1.1	67.5	70.4	53	0.477	29	18	5600		62208 2RSR	47	73	1
	40	90	23	1.5	74.6	76.5	55.5	0.84	42.5	25	18000	11000	6308	49	81	1.5
	40	90	23	1.5	74.6	76.5	55.5	0.841	42.5	25	18000	11000	6308 W203B	49	81	1.5
	40	90	23	1.5	74.6	76.5	55.5	0.854	42.5	25	7500	11000	6308 2ZR	49	81	1.5
	40	90	23	1.5	74.6	76.5	55.5	0.854	42.5	25	5000		6308 2RSR	49	81	1.5
	40	90	33	1.5	74.6	76.5	55.5	0.903	42.5	25	5000		62308 2RSR	49	81	1.5
	40	110	27	2	91.6	95.1	68	1.12	62	38	14000	10000	6408	53	97	2

## ANEXO E. Selección del motorreductor

### ❖ Características de motorreductor Sew-eurodrive helicoidal 180°



Tipo: R 27 DRS 90M4

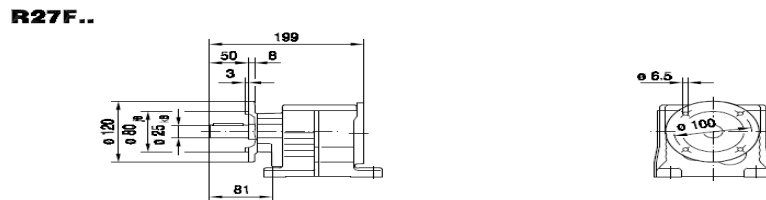
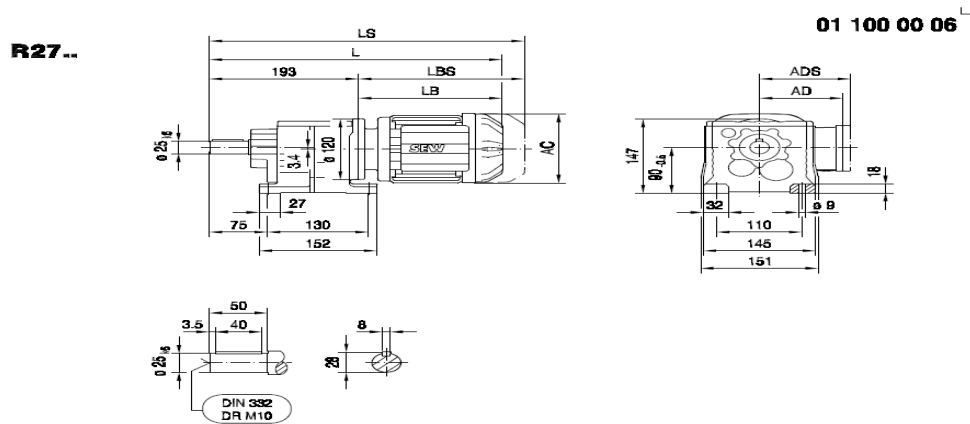
Especificaciones Técnicas:

- \* POTENCIA (kw): 1.5 2HP
- \* VELOCIDAD (rpm): 207
- \* REDUCCIÓN (i): 8.16
- \* FUERZAS RADIALES ADMISIBLES (N): 2.491
- \* FACTOR DE SERVICIO: 1.68
- \* TORQUE MÁXIMO ADMISIBLE (Nm): 1566
- \* TORQUE A MÁXIMA VELOCIDAD (Nm):
- \* POSICION DE MONTAJE: M1
- \* PESO (kg): 21
- \* EJE DE SALIDA SOLIDO 25X50

\* FLANCHE DIAMETRO

Motor SEW (TEFC) de 1700 rpm, Aislamiento Clase: F,  
 Voltaje: 220/440 V AC, 60 Hz, Protección: IP55, Factor de  
 servicio: 1.15

❖ Dimensiones para montaje de motorreductor



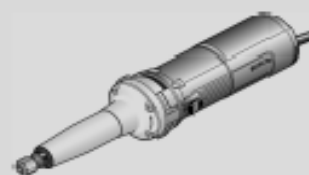
(→ 131)	DR63..	DR71S	DR71M	DR80M	DR90M	DR90L	DR100M	DR100L/C
AC	132	139	139	156	179	179	197	197
AD	105	119	119	128	140	140	157	157
ADS	105	129	129	139	150	150	158	158
L	384	396	421	461	465	485	515	545
LS	439	464	489	542	558	578	608	638
LB	191	203	228	268	272	292	322	352
LBS	246	271	296	349	365	385	415	445

01100nn06

09.04.10

**SEW**  
EURODRIVE

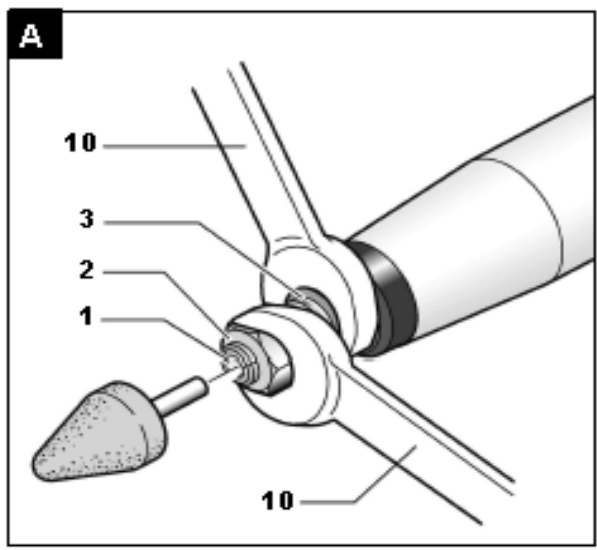
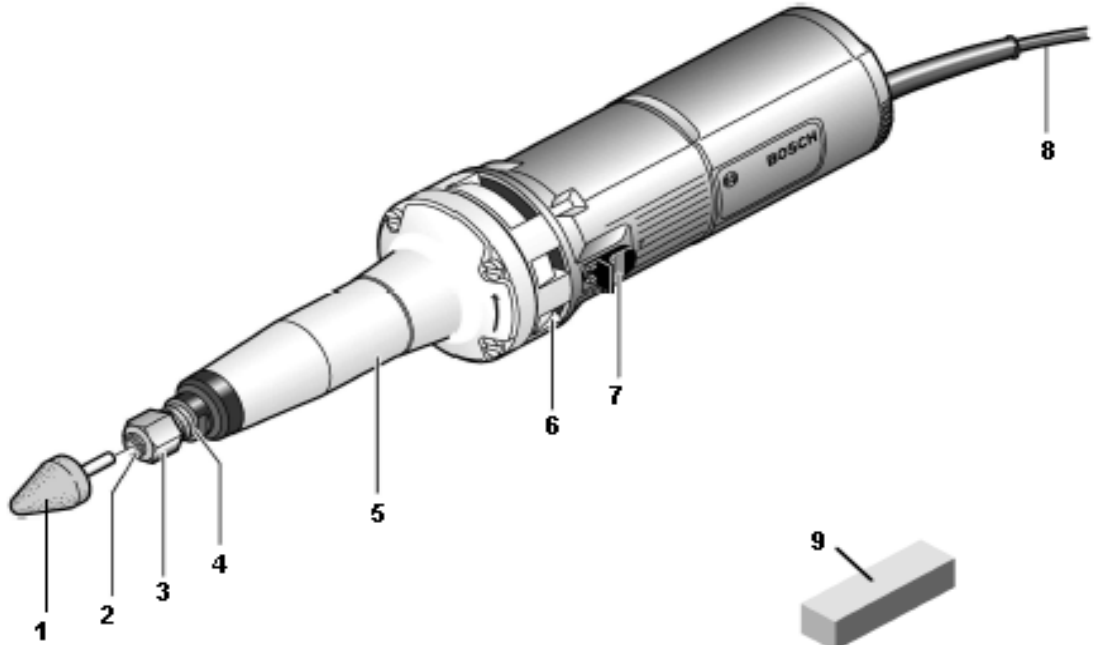
**Atenção!** Leia antes de usar.  
**Atención!** Lea antes de usar.  
**Attention!** Read before using.



**GG S 27 L**

**Manual de Instruções**  
**Manual de Instrucciones**  
**Operating Instructions**

**BOSCH**



$\varnothing - S$	Part Number
3 mm	2 608 570 082
6 mm	2 608 570 084
8 mm	2 608 570 086
1/8"	2 608 570 083
1/4"	2 608 570 085

## Datos técnicos

E

Amoladora recta	GG S 27 L
Nº de pedido	0 601 215 ...
Potência absorbida [W]	500
Útil [W]	300
Frequência [Hz]	50 / 60
Consumo 115 V~ [A]	4,9
220 V~ [A]	2,5
Revoluciones en vacío [min <sup>-1</sup> ]	27.000
Pinzas de fijación Ø máx. [mm]	8
Cuello del husillo Ø [mm]	35
Muela Ø máx. [mm]	25
Peso aprox. [Kg]	1,45
Clase de protección	□ / II

## Elementos de la máquina

1. Punta montada\*
2. Pinza de fijación\*
3. Tuerca de fijación\*
4. Husillo portamuelas
5. Cuello del husillo
6. Aberturas de refrigeración
7. Interruptor de conexión / desconexión
8. Cable
9. Piedra para rectificar\*
10. Llave fija\*

\* Los accesorios descritos e ilustrados en las instrucciones de servicio no siempre están comprendidos en el volumen de entrega.

## Utilización reglamentaria

El aparato ha sido proyectado para amolar y desbarbar metal con muelas de corindón.

## Información sobre ruidos y vibraciones

Determinación de los valores de medición según norma EN 50 144.

El nivel de presión de sonido, típico, medido con un filtro tipo A, es normalmente de 82 dB (A).

El nivel de ruido, con la máquina trabajando, podrá sobrepasar circunstancialmente 85 dB (A).

¡Usar protectores auditivos!

La aceleración se eleva normalmente a 3,5 m/s<sup>2</sup>.

## Para su seguridad



Solamente puede trabajar sin peligro con el aparato si lee íntegramente las instrucciones de manejo y las indicaciones de seguridad, ateniéndose estrictamente a las recomendaciones allí comprendida. Adicionalmente debe atenerse a las indicaciones de seguridad generales contenidas en la página 8. Déjese instruir prácticamente en el manejo antes de la primera aplicación.



Si llega a dañarse o cortarse el cable de red durante el trabajo, no tocar el cable, sino extraer inmediatamente el enchufe de la red. No usar jamás el aparato con un cable deteriorado.



Ponerse unas gafas de protección.




Llevar guantes de protección y calzado fuerte. Si fuese preciso, ponerse además un mandil.

- Jamás permita que los niños utilicen el aparato.
- Trabajar siempre con el aparato sujetándolo firmemente con ambas manos y manteniendo una posición estable.
- Mantener el cable siempre detrás del aparato.
- Antes de depositar el aparato, desconectarlo y esperar a que se detenga.
- Conectar la máquina a la red únicamente estando desconectada.
- No deben trabajarse materiales que contengan amianto.
- Emplear solamente útiles de amolar cuyas revoluciones admisibles sean como mínimo iguales a las revoluciones en vacío del aparato.
- Proteger el útil de amolar de los golpes, choques y de la grasa.
- Aproximar el aparato a la pieza solamente estando conectado.
- Mantenga alejadas sus manos de los útiles de amolar en funcionamiento.
- Observar el sentido de giro. Sujetar siempre el aparato de manera que las chispas y las partículas producidas al trabajar sean lanzadas en dirección contraria al cuerpo.
- Al amolar metales se proyectan chispas. Prestar atención a que no sean lanzadas contra personas. Por el peligro de incendio existente no deben encontrarse materiales inflamables en las proximidades (área de alcance de las chispas).
- Atenerse a las instrucciones del fabricante al montar y aplicar el útil de amolar.

- ¡Atención! El disco continúa funcionando por inercia después de desconectar el aparato.
- No sujetar el aparato en un tornillo de banco.
- Bosch únicamente puede garantizar un funcionamiento correcto del aparato si se utilizan accesorios originales.

#### Montaje de los útiles de amolar (accesorios)

- Antes de cualquier manipulación en el aparato extraer el enchufe de la red.
- Emplear solamente útiles de amolar cuyas revoluciones admisibles sean como mínimo iguales a las revoluciones en vacío del aparato.

 Limpiar las partes a montar. Sujetar el husillo portamuelas 4 en la parte con el entrecaras aplicando la llave fija 10 de entrecaras 17.

Alojar la tuerca de fijación 3 con la llave fija.

Insertar hasta el tope el vástago de la muela en la pinza de fijación. Apretar la tuerca de fijación 3.

Las muelas deben girar perfectamente concéntricas. No utilizar muelas de giro excéntrico: conformarlas con una piedra para rectificar (accesorio especial) o sustituir las. Con la piedra para rectificar pueden crearse formas especiales partiendo de muelas con la forma elemental adecuada.


#### Puesta en servicio

Cerciorarse de que la tensión de la red sea correcta:

La tensión de la fuente de energía debe coincidir con las indicaciones en la placa de características del aparato. Los aparatos marcados con 230 V pueden funcionar también a 220 V.

**Conexión:** Desplazar hacia adelante el interruptor de conexión / desconexión 6 y presionarlo en la parte delantera hasta enclavarlo.

**Desconexión:** Presionar atrás el interruptor de conexión / desconexión 6; el interruptor salta entonces a la posición de desconexión.

 ¡Funcionamiento de prueba!

Comprobar los útiles de amolar antes de su uso. El útil de amolar debe estar perfectamente montado y debe girar sin rozar en ningún lado. Efectuar un funcionamiento de prueba dejándolo girar en vacío durante 30 segundos como mínimo. No utilizar los útiles de amolar si están dañados, si giran de forma descentrada o vibran.

#### Instrucciones de trabajo


- Ponerse unas gafas de protección.

Para obtener unos resultados óptimos en el trabajo debe guiarse la muela con un movimiento de vaivén uniforme y ejerciendo una ligera presión.

Un presión excesiva merma el rendimiento del aparato y aumenta el desgaste de la muela.

No utilice muelas de giro descentrado: conformarlas con una piedra para rectificar (accesorio especial) o sustituir las.

#### Mantenimiento y limpieza

 Antes de cualquier manipulación en el aparato extraer el enchufe de la red.

Mantener siempre limpios el aparato y las rejillas de refrigeración para poder trabajar con seguridad. En casos especiales puede ocurrir que se acumule polvo metálico susceptible de conducir electricidad en el interior del aparato. Ello puede llegar a mermar la protección de aislamiento del aparato. En estos casos se recomienda la aplicación de un equipo de aspiración estacionario, soplar frecuentemente las rejillas de refrigeración, e intercalar un fusible diferencial.

Si a pesar de los esmerados procesos de fabricación y control, la máquina llegase a averiarse, la reparación deberá encargarse a un taller de servicio autorizado para herramientas eléctricas BOSCH.

Consultar el servicio técnico más cercano en: [www.bosch.com.br/és/ferrelet/ed\\_autoriz/index.html](http://www.bosch.com.br/és/ferrelet/ed_autoriz/index.html)

#### Garantía

Para los productos BOSCH concedemos una garantía de acuerdo con las prescripciones legales específicas de cada país (comprobación a través de la factura o albarán de entrega).

Quedan excluidos de garantía los daños ocasionados por desgaste natural, sobrecarga o manejo inadecuado.

Las reclamaciones únicamente pueden considerarse si la máquina se envía sin desmontar al suministrador de la misma o a un Servicio técnico Bosch de herramientas eléctricas.

Consultar el servicio técnico más cercano en: [www.bosch.com.br/és/ferrelet/ed\\_autoriz/index.html](http://www.bosch.com.br/és/ferrelet/ed_autoriz/index.html)

¡Atención! Los gastos de flete y seguro están por cuenta del cliente, aunque para reclamaciones de garantía.

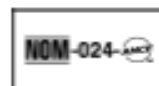
#### Protección del medio ambiente

Recuperación de materias primas en lugar de producir desperdicios.



El aparato, los accesorios y el embalaje debieran someterse a un proceso de recuperación que respete el medio ambiente.

Para efectuar un reciclaje selectivo se han identificado las piezas de plástico.



**¡ATENCIÓN!** Con el fin de reducir el peligro de descarga eléctrica y para evitar accidentes e incendios al emplear herramientas eléctricas, observe las siguientes medidas de seguridad básicas.

Las estas instrucciones antes de emplear la herramienta. ¡Conserve cuidadosamente las instrucciones de seguridad!

1. Mantenga el orden en su campo de trabajo  
El desorden en el campo de trabajo aumenta el peligro de accidente.
2. Tenga en cuenta el entorno del campo de trabajo  
No exponga las herramientas eléctricas a la lluvia. No utilice herramientas eléctricas en un ambiente húmedo. Cúide que el campo de trabajo esté bien iluminado. No utilice herramientas eléctricas cerca de líquidos o gases inflamables.
3. Protéjase contra las descargas eléctricas  
El ambiente debe ser adecuado a la clase de la herramienta. Por ningún motivo cambie o altere la clase. No utilice adaptadores de enchufe en herramientas eléctricas que utilice clavijas con doble tierra. La clase original y el enchufe adecuado reduce el riesgo de choque eléctrico. Evite el contacto corporal con superficies conectadas a tierra, como por ejemplo tubos, radiadores, cocinas eléctricas, frigoríficos.
4. ¡Mantenga los niños a distancia!  
No permita que otras personas toquen la herramienta o el cable. Manténgalas alejadas de su campo de trabajo.
5. Guarde sus herramientas en un lugar seguro  
Las herramientas cuando no se emplean deben guardarse en un lugar seco, cerrado y fuera del alcance de los niños.
6. No sobrecargue su herramienta  
Trabaja mejor y con mayor seguridad observando el campo de potencia limitado.
7. Utilice la herramienta adecuada  
No utilice herramientas o dispositivos adaptables de red de potencia para ejecutar trabajos pesados. No utilice herramientas para fines y trabajos para los cuales no han sido previstos, por ejemplo no emplee una sierra circular de mano para podar árboles y cortar ramas.
8. Póngase la ropa de trabajo conveniente  
No use ropas flojas o joyas. Se pueden enganchar en las piezas en movimiento. Al ejecutar trabajos al aire libre, se recomienda el uso de guantes y de zapatos antideslizantes. Póngase una redcorta para el cable si lo tiene largo.
9. Póngase gafas protectoras  
Póngase también una máscara si el trabajo a realizar produce polvo. Utilice protectores auriculares, cuando ejecute tareas que hagan ruidos superiores a 85 dB (debeles).
10. Preserve el cable de alimentación  
No lleve la herramienta colgada por el cable y no tire de éste para desconectar la clavija del enchufe. Proteja el cable contra el calor, el aceite y objetos punzantes.
11. Fije bien la pieza que trabaja  
Utilice el dispositivo de fijación o el tornillo de sujeción con el fin de fijar firmemente la pieza de trabajo. Estará así sujeta con mayor seguridad que con su mano y tendrá las dos manos libres para manejar la herramienta.
12. No se estienda excesivamente su rango de acción  
Evite cualquier postura que le cause cansancio. Cúide de su postura y que conserve el equilibrio en todo momento.

13. Cuide sus herramientas con esmero  
Mantenga sus herramientas afiladas y limpias con el objetivo de trabajar mejor y de manera más segura. Observe las instrucciones de mantenimiento y las indicaciones para el cambio de las herramientas. Verifique regularmente la clase y el cable de alimentación y, en caso de deterioro, lígalos cambiar por un especialista acreditado. Verifique el cable de empalme regularmente y cambíelo en caso de deterioro. Mantenga las empunadoras secas y exentas de aceite y grasa.
14. Desconecte la clavija de la red  
Cuando no esté usando la herramienta, o al cambiar accesorios como por ejemplo, disco de la sierra, la broca y de otros tipos de filos.
15. Retire las llaves de las herramientas  
Antes de conectar la herramienta, cerciórese que se hayan quitado las llaves y las herramientas de ajuste.
16. Evite toda posibilidad en marcha accidental  
No transporte ninguna herramienta con el dedo presionado sobre el interruptor mientras esté conectado a la red eléctrica. Cerciórese que el interruptor esté desconectado al efectuar la conexión de la herramienta a la red eléctrica.
17. Cable de extensión para exteriores  
En exteriores, utilice solamente cables de extensión homologados y con buen mantenimiento.
18. Manténgase alerta,  
Mire lo que está haciendo y use el sentido común cuando opera una herramienta eléctrica. No utilice una herramienta eléctrica cuando usted esté cansado o bajo influencia de alcohol o medicación. Un momento de descuido mientras está operando la herramienta eléctrica puede resultar en serias lesiones personales.
19. Controle si su aparato tiene defectos  
Antes de volver a emplear la herramienta, compruebe cuidadosamente el perfecto funcionamiento de los dispositivos de seguridad o de las piezas fuertemente dañadas. Compruebe si las piezas móviles están en buen estado de funcionamiento, si no se atascan o si otras piezas tienen desperfectos. Todos los componentes deben estar montados adecuadamente y cumplir los requisitos para garantizar el correcto funcionamiento del aparato. Todo dispositivo de seguridad y toda pieza deteriorada deberá ser reparados o cambiados de modo apropiado por un taller del servicio postventa, a no ser que las instrucciones de servicio contengan otras indicaciones. Todo interruptor deteriorado, deberá ser reemplazado por un taller de servicio postventa. No utilice ninguna herramienta en la cual el interruptor no conecte al desconecte perfectamente.
20. ¡Atención!  
Para su propia seguridad, no emplee más que los accesorios y los dispositivos adaptables mencionados en las instrucciones de servicio, o que hayan sido recomendados por el fabricante de la herramienta. La utilización de otros accesorios o herramientas adaptables, excepto los recomendados en las instrucciones de servicio o en el catálogo Bosch, puede significar para Ud. un peligro de accidente.

## Certificado de Garantia\*

GG5 27 L (0601215...)

Nome do comprador	Série nº
Endereço	Figura nº
Data da venda	Nota Fiscal
Nome do vendedor	Código da loja

### Prescrições de garantia

1. As ferramentas elétricas são garantidas contra eventuais defeitos de montagem ou de fabricação devidamente comprovados.
2. Esta garantia é válida por 12 meses, contados a partir da data de fornecimento ao usuário, sendo 3 meses o prazo de garantia legal (C.D.C.) e mais 9 meses concedidos pelo fabricante.
3. Dentro do período de garantia, os componentes ou peças que comprovadamente apresentarem defeitos de fabricação, serão consertados ou (conforme o caso) substituídos gratuitamente por equipe oficial autorizada BOSCH, contra a apresentação do "Certificado de Garantia" preenchido e em data respectiva.

### Não estão incluídos na garantia

4. Os defeitos originados de:
  - 4.1 uso inadequado da ferramenta;
  - 4.2 instalações elétricas deficientes;
  - 4.3 ligação da ferramenta elétrica em rede elétrica inadequada;
  - 4.4 desgaste natural;
  - 4.5 desgaste oriundo de materiais muito duros entre as reuniões;
  - 4.6 estocagem incorreta, influência do clima etc.

### Causa a garantia

5. Se o produto for modificado ou aberto por terceiros; se tiverem sido montadas peças fabricadas por terceiros; ou ainda, se o produto, tiver sido consertado por pessoas não autorizadas.
6. Se a máquina for aberta enquanto ainda se encontra em período de garantia!

\* Este certificado de garantia é válido somente para o Brasil.

# BOSCH



Robert Bosch Ltda.  
Divisão de Ferramentas Elétricas  
Via Anhanguera, km 98  
13065-900 - Campinas - S.P.

Printed in Brazil (11/03)  
F 000 622 177

# SAC

Serviço de Atendimento  
ao Consumidor Bosch  
0800 70 45446  
[www.bosch.com.br/contato](http://www.bosch.com.br/contato)

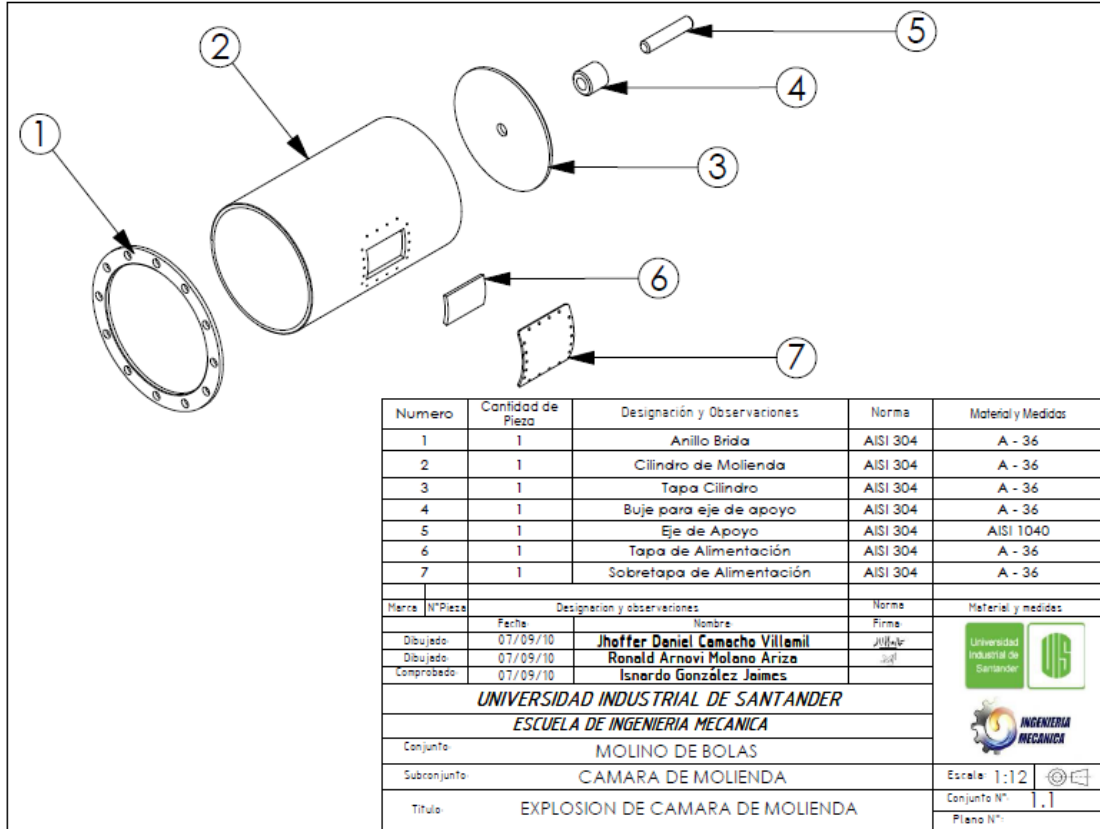
# ANEXO G. PLANOS

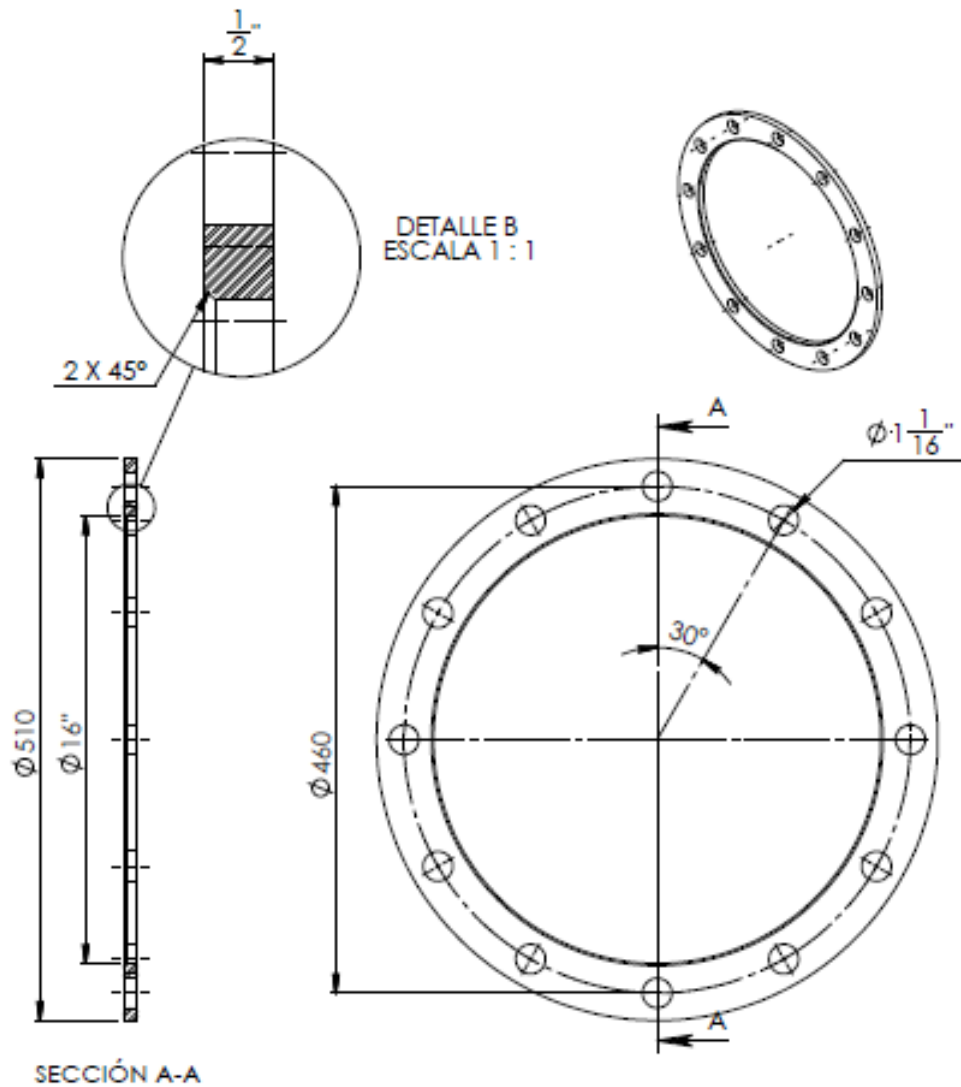
LISTA DE MATERIALES			
Cantidad	Parte	Descripción / Dimensiones	Norma
1	1	Tubo	AST 304
1	2	Motor	AST 304
1	3	Motor	AST 304
1	4	Motor	AST 304
1	5	Motor	AST 304
1	6	Motor	AST 304
1	7	Motor	AST 304
1	8	Motor	AST 304
1	9	Motor	AST 304
1	10	Motor	AST 304
1	11	Motor	AST 304
1	12	Motor	AST 304
1	13	Motor	AST 304
1	14	Motor	AST 304
1	15	Motor	AST 304
1	16	Motor	AST 304
1	17	Motor	AST 304
1	18	Motor	AST 304
1	19	Motor	AST 304
1	20	Motor	AST 304
1	21	Motor	AST 304
1	22	Motor	AST 304
1	23	Motor	AST 304
1	24	Motor	AST 304

Escala: 1:1  
 Dibujo: 1:1  
 Fecha: 18/05/2017  
 Autor: [Nombre]  
 Revisado: [Nombre]  
 Aprobado: [Nombre]

TÍTULO: EMPUSIONAMIENTO DE BOLLAS  
 Hoja: 18 de 21  
 Proyecto: [Nombre]



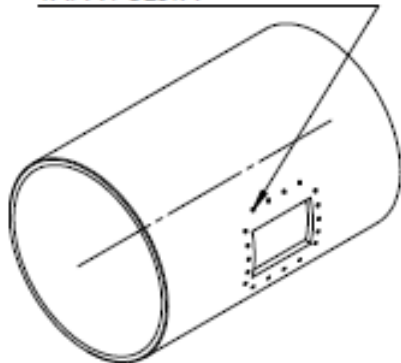




SECCIÓN A-A

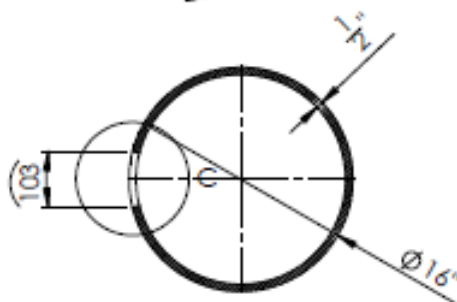
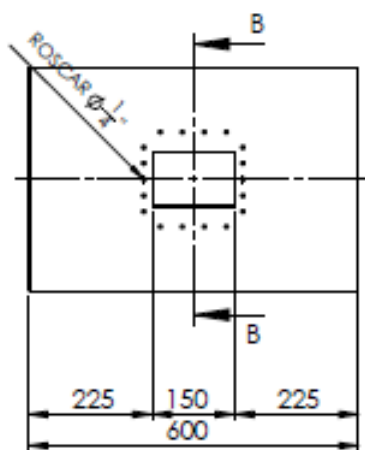
Materia	Nº Pieza	Designación y observaciones		Norma	A-36 mm
		Fecha:	Nombre:	Firma:	Materiales medidas
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comecho Villamil</b>		<i>Jhoffer</i>	
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>		<i>Ronald</i>	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>		<i>Isnerdo</i>	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto:	MOLINO DE BOLAS				Escala: 1:5 Conjunto N° 1.1 Plano N° 1.1.4
Subconjunto:	CAMARA CILINDRICA				
Título:	ANILLO BRIDA				



HACER TALADRADOS CON TAPA PUESTA

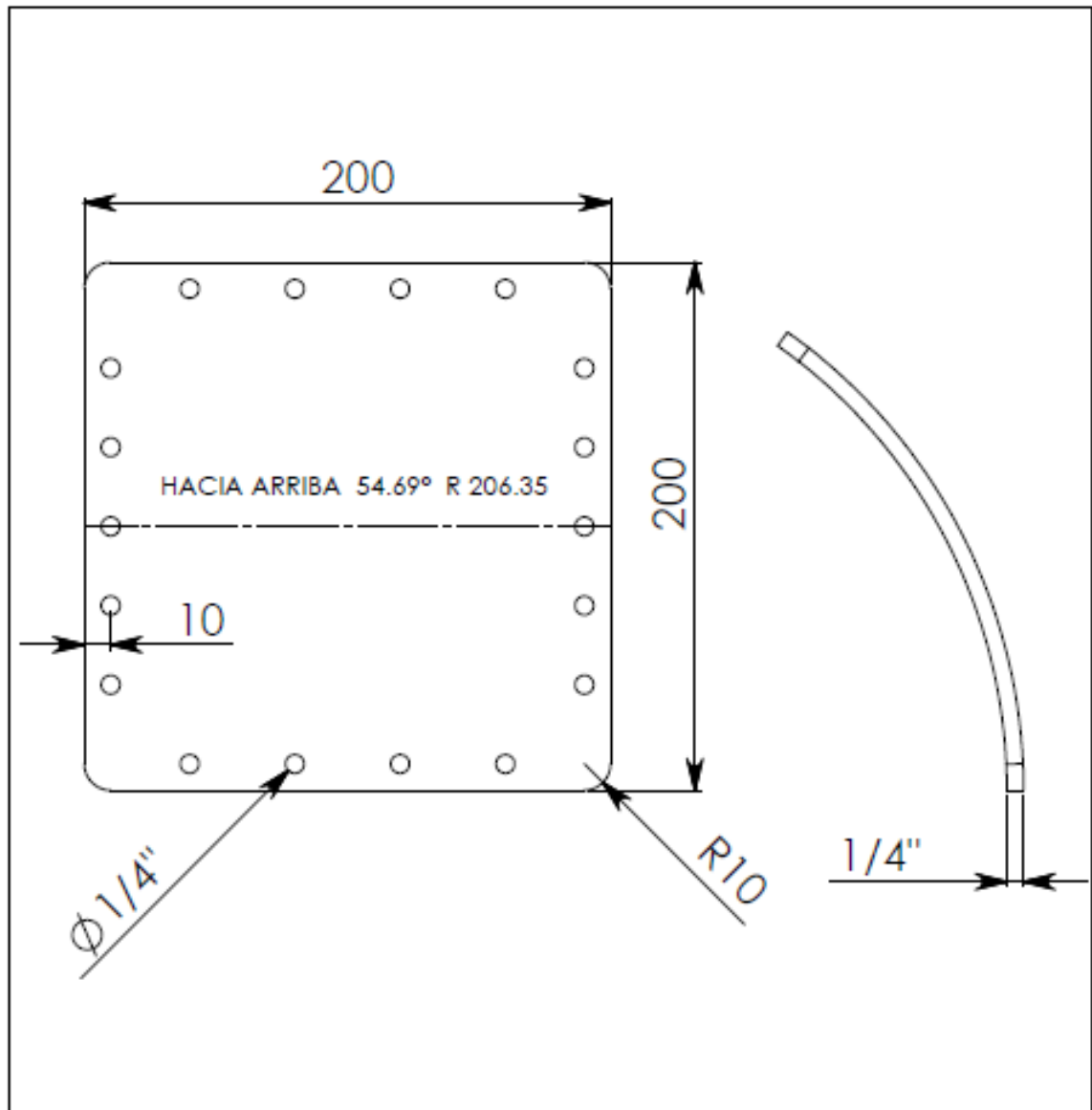


DETALLE C  
ESCALA 1 : 2

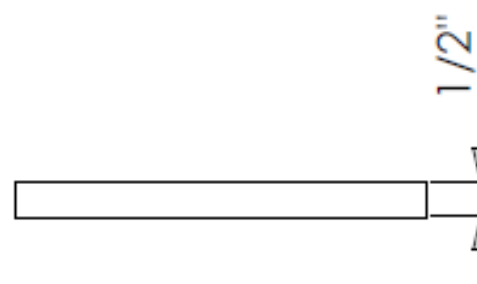
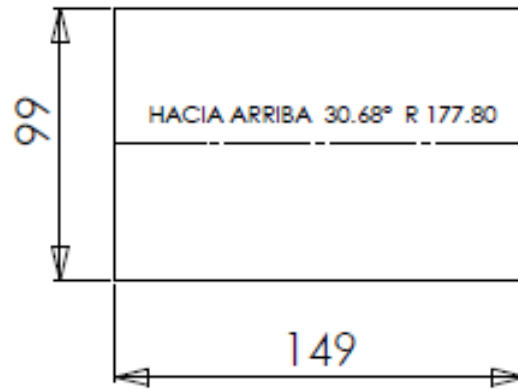
REALIZAR COTE RADIAL





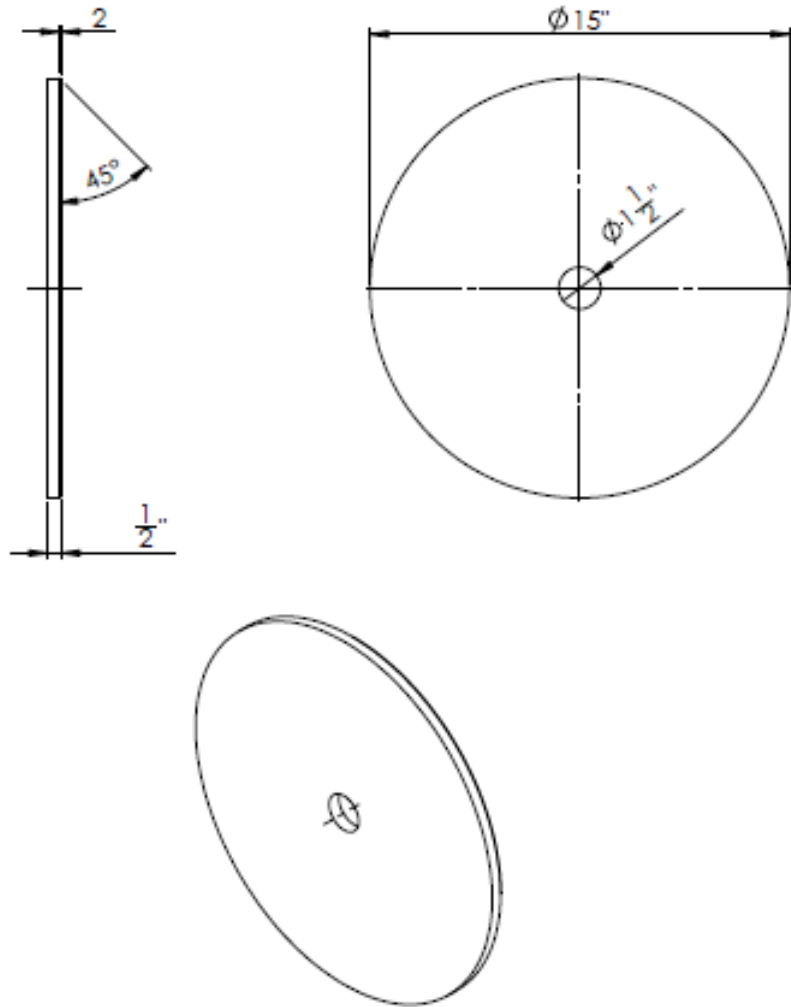
Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones		Norma	A-36 mm
		Fecha	Nombre	Firma	Materiales medidas
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comecho Villamil</b>		<i>Jhoffer</i>	 
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>		<i>Ronald</i>	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jimes</b>		<i>Isnerdo</i>	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto:	MOLINO DE BOLAS				
Subconjunto:	CAMARA CILINDRICA				
Título:	CILINDRO DE MOLIENDA				
					Escala: 1:10
					Conjunto N° 1.1
					Plano N° 1.1.1






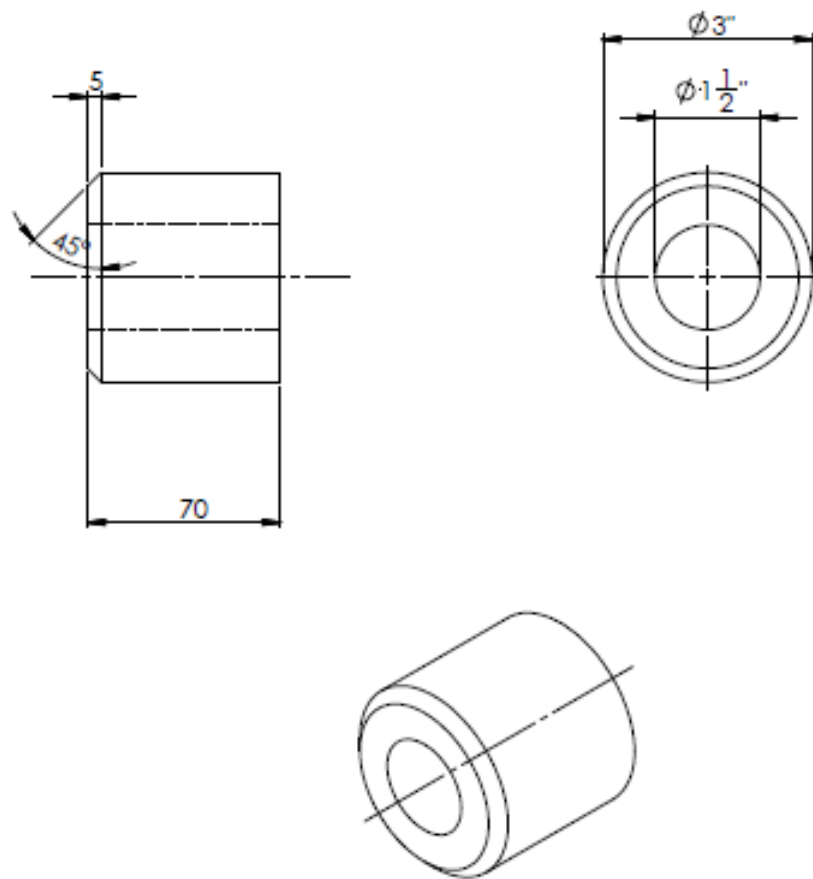
Marca	N°Pieza	Designación y observaciones		Norma	A-36 mm
		Fecha	Nombre	Forma	Materiales medidas
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Camacho Villamil</b>		JDC/le	
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>		sal	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnardo González Jaimes</b>			
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto:	MOLINO DE BOLAS				Escala: 1:2
Subconjunto:	CAMARA DE MOLIENDA				
Título:	SOBRETAPA DE ALIMENTACION				
					Conjunto N° 1.1
					Fileno N° 1.1.3







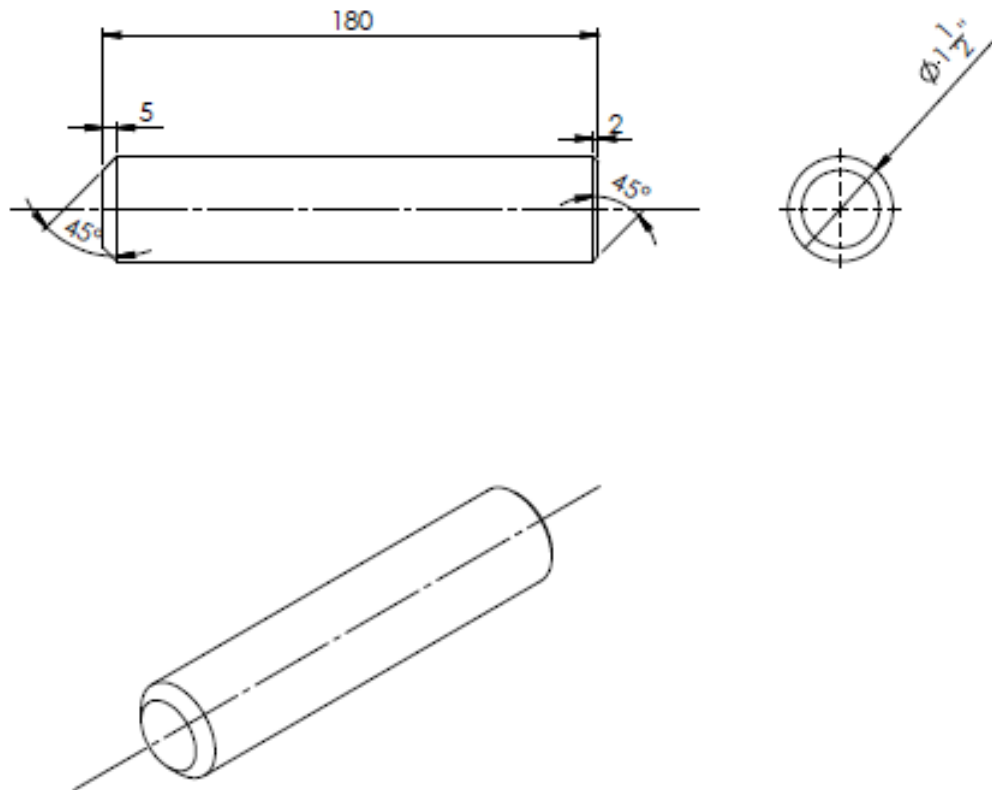
Marca		Nº/Plaza		Designación y observaciones		Norma	A-36 mm
		Fecha		Nombre		Firma	Referencia medidas
Dibujado	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comecho Villemil</b>				<i>Jhoffer</i>	
Dibujado	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Moleno Ariza</b>				<i>Ronald</i>	
Comprobado	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>				<i>Isnerdo</i>	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>							
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>							
Conjunto	MOLINO DE BOLAS						
Subconjunto	CAMARA DE MOLIENDA						
Título	TAPA DE ALIMENTACION						
							Escala: 1:2 
							Conjunto N° 1.1
							Plano N° 1.1.2



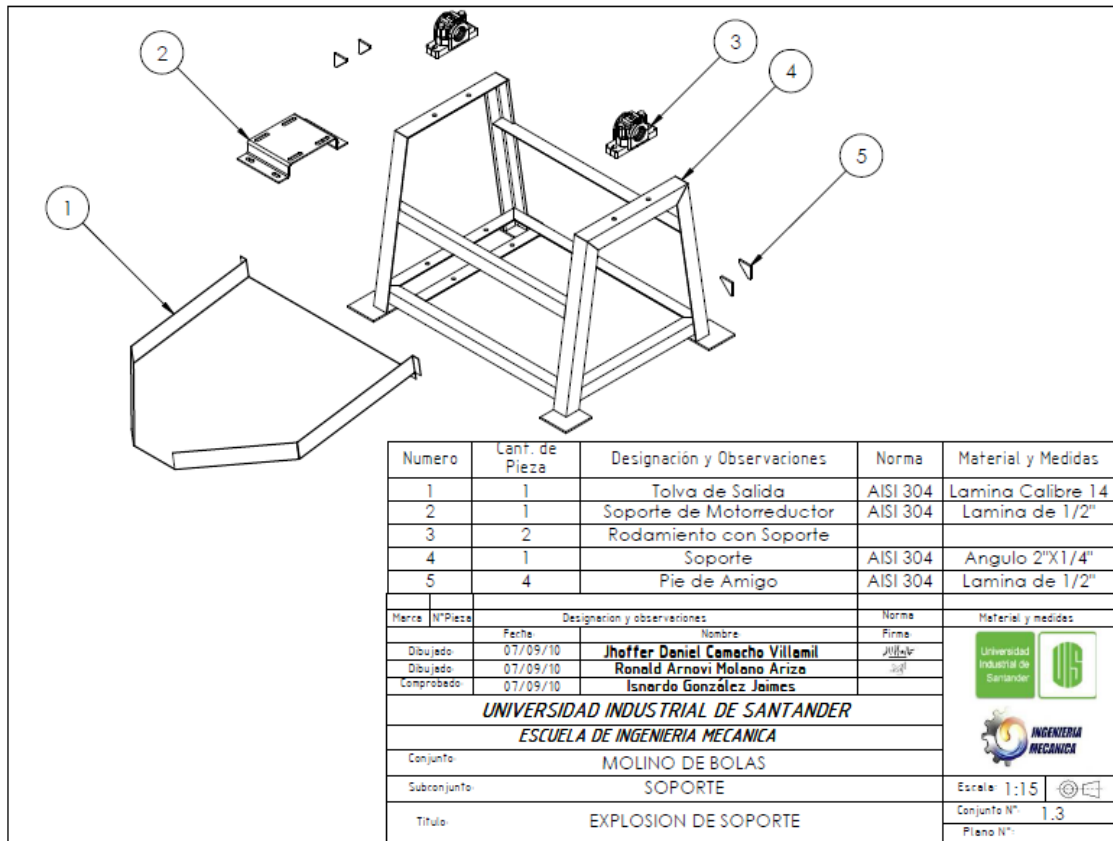
Marca		Nº Pieza		Designación y observaciones		Norma	A-36 mm
		Fecha:		Nombre:		Firma:	Material y medidas
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comecho Villemil</b>					 
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>					
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jimes</b>					
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>							
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>							
Conjunto:	<b>MOLINO DE BOLAS</b>						
Subconjunto:	<b>CAMARA DE MOLIENDA</b>						
Título:	<b>TAPA CILINDRO</b>						
							Escala: 1:5 
							Conjunto N° 1.1
							Plano N° 1.1.5

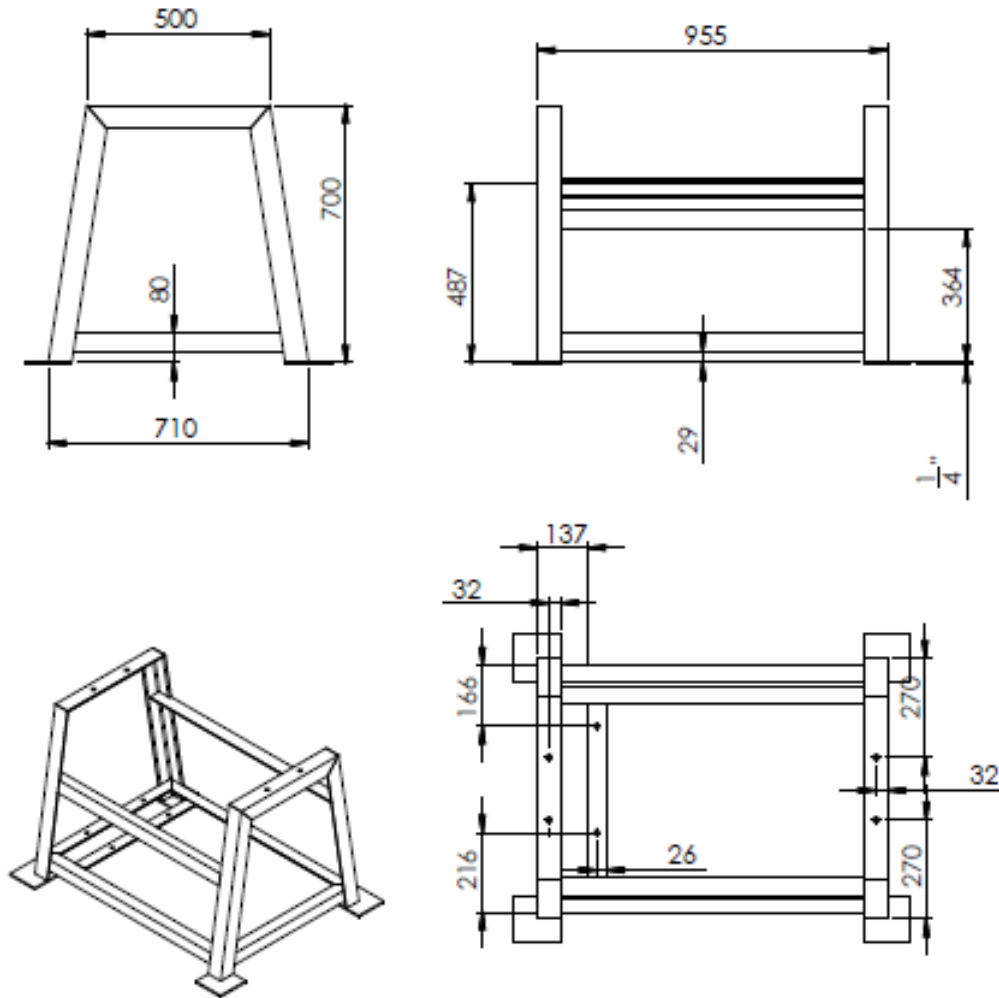


Marca N°/Escala			Designación y observaciones		Norma	Material y medidas		
		Fecha	Nombre		Firma			
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Cerocho Villamil</b>		JHoffer	 			
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>		RAM				
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>						
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>								
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>								
Conjunto: <b>MOLINO DE BOLAS</b>								
Subconjunto: <b>CAMARA DE MOLIENDA</b>						Escala	1:2	
Título: <b>BUJE PARA EJE DE APOYO</b>						Conjunto N°	1.1	
						Plano N°	1.1.6	

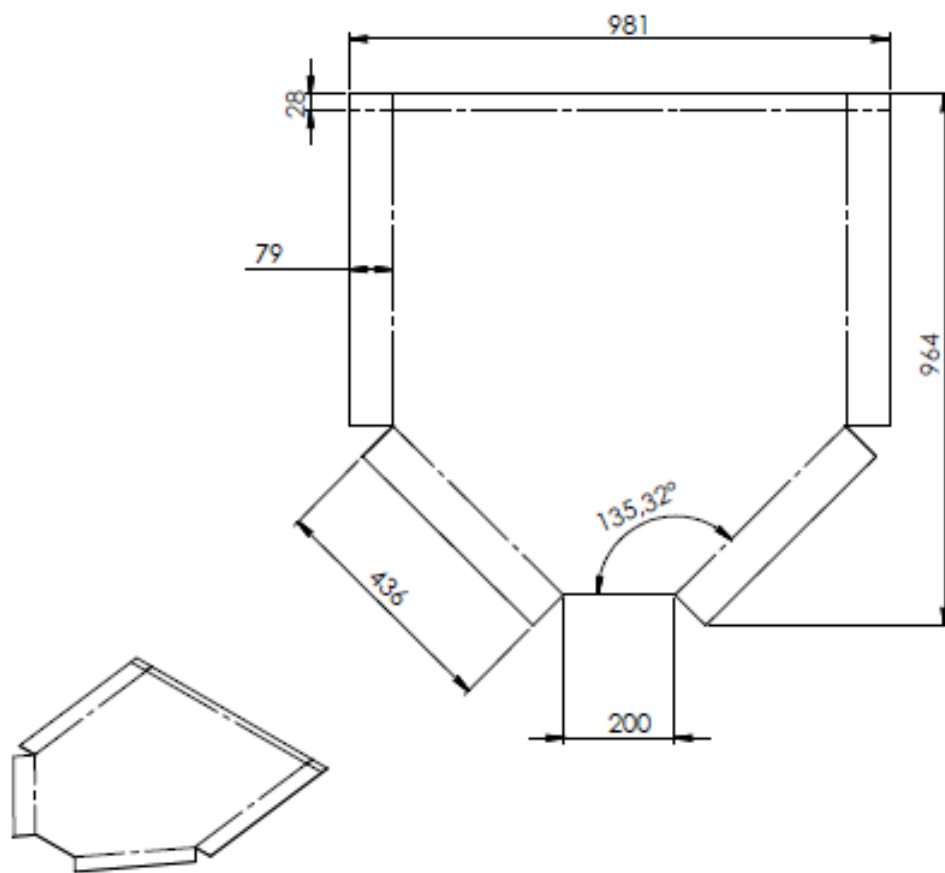


Planeta	Nº Pieza	Designación y observaciones		Norma	AISI 1040 mm
		Fecha	Nombre	Firma	Material y medidas
Dibujado		07/09/10	Jhoffer Daniel Camecho Villamil	JDC/le	
Dibujado		07/09/10	Ronald Arnovi Molano Ariza	RAM	
Comprobado		07/09/10	Isnerdo González Jimes		
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto	MOLINO DE BOLAS				Escala: 1:2
Subconjunto	CAMARA DE MOLIENDA				
Título	EJE DE APOYO				
					Conjunto N° 1.1
					Plano N° 1.1/

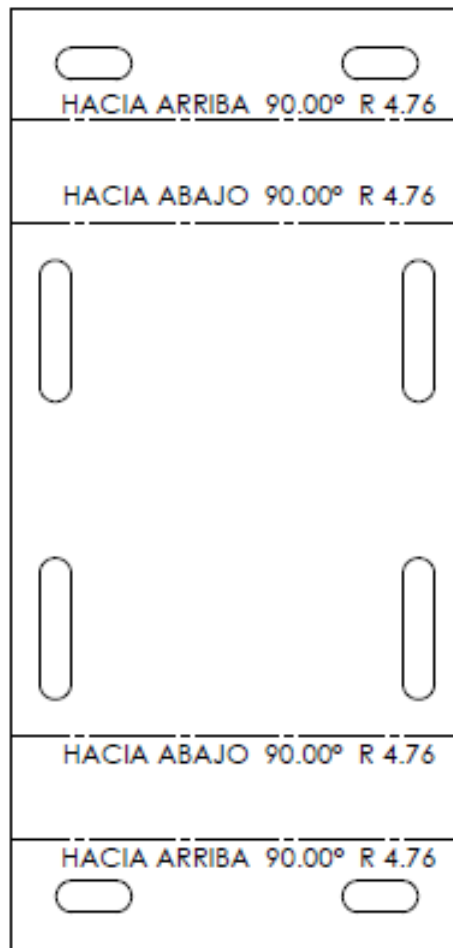




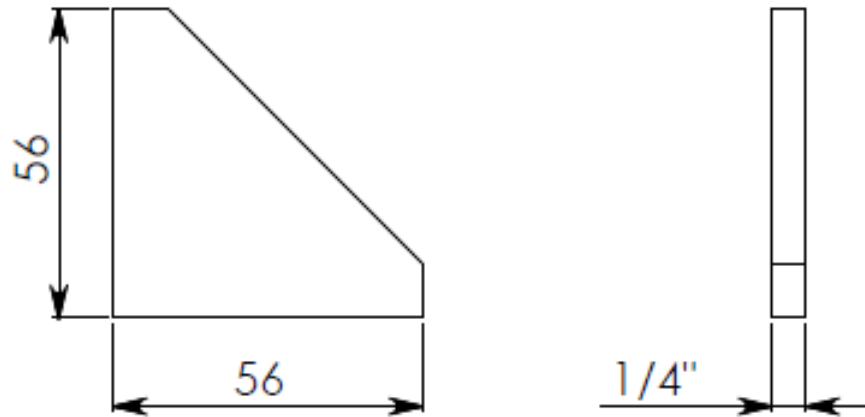
Angulo 2x1/4"				mm	
Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones		Norma	Materiales medidas
		Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Cerocho Villamil</b>		<i>JDC/vr</i>	
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>		<i>RAM</i>	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>		<i>IGJ</i>	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto:				<b>MOLINO DE BOLAS</b>	
Subconjunto:				<b>SOPORTE</b>	
Título:				<b>SOPORTE</b>	
				Escala:	1:15 
				Conjunto N°:	1.3
				Folios N°:	1.3.3



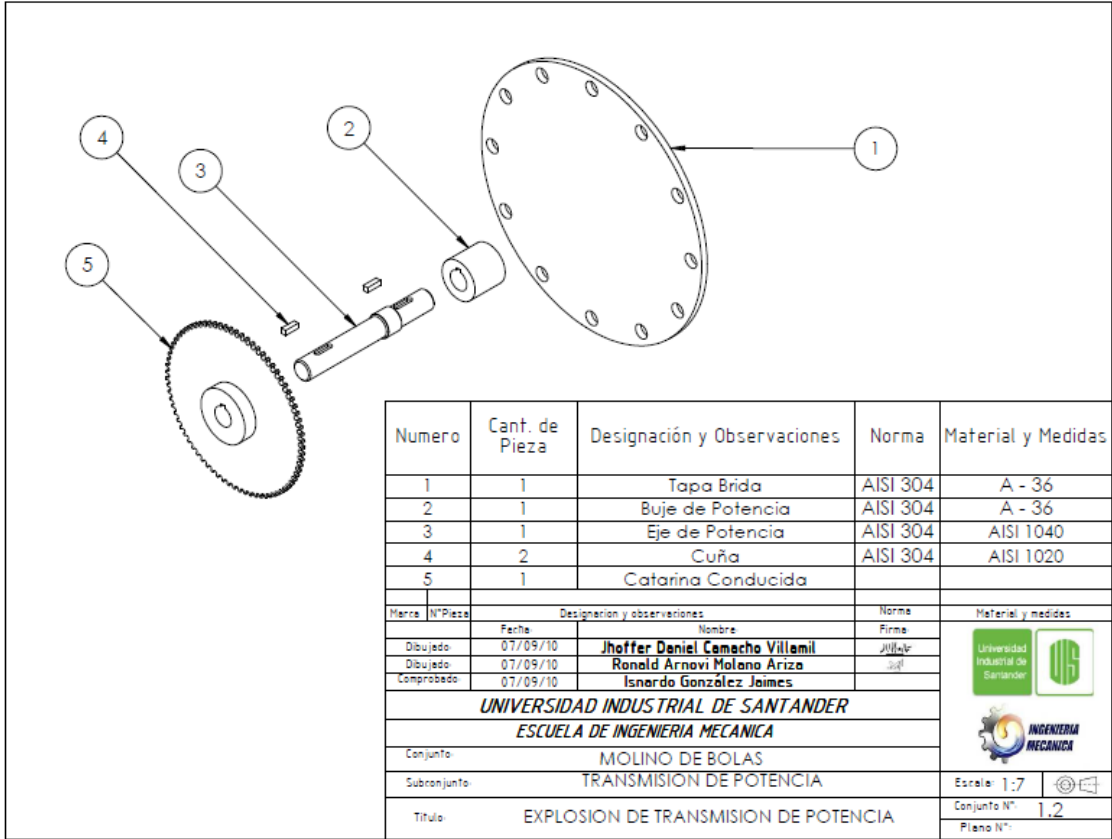
Lamina calibre 18			mm	
Materia	Nº Pieza	Designación y observaciones	Norma	Material y medidas
		Fecha: _____ Nombre: _____	Firma: _____	
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comecho Villanil</b>	JH/ale	
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnavi Molano Ariza</b>	all	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>		
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>				
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>				
Conjunto:	<b>MOLINO DE BOLAS</b>			
Subconjunto:	<b>SOPORTE</b>			
Título:	<b>TOLVA DE SALIDA</b>			
			Escala:	1:10
			Conjunto N°	1.3
			Plano N°	1.3.1

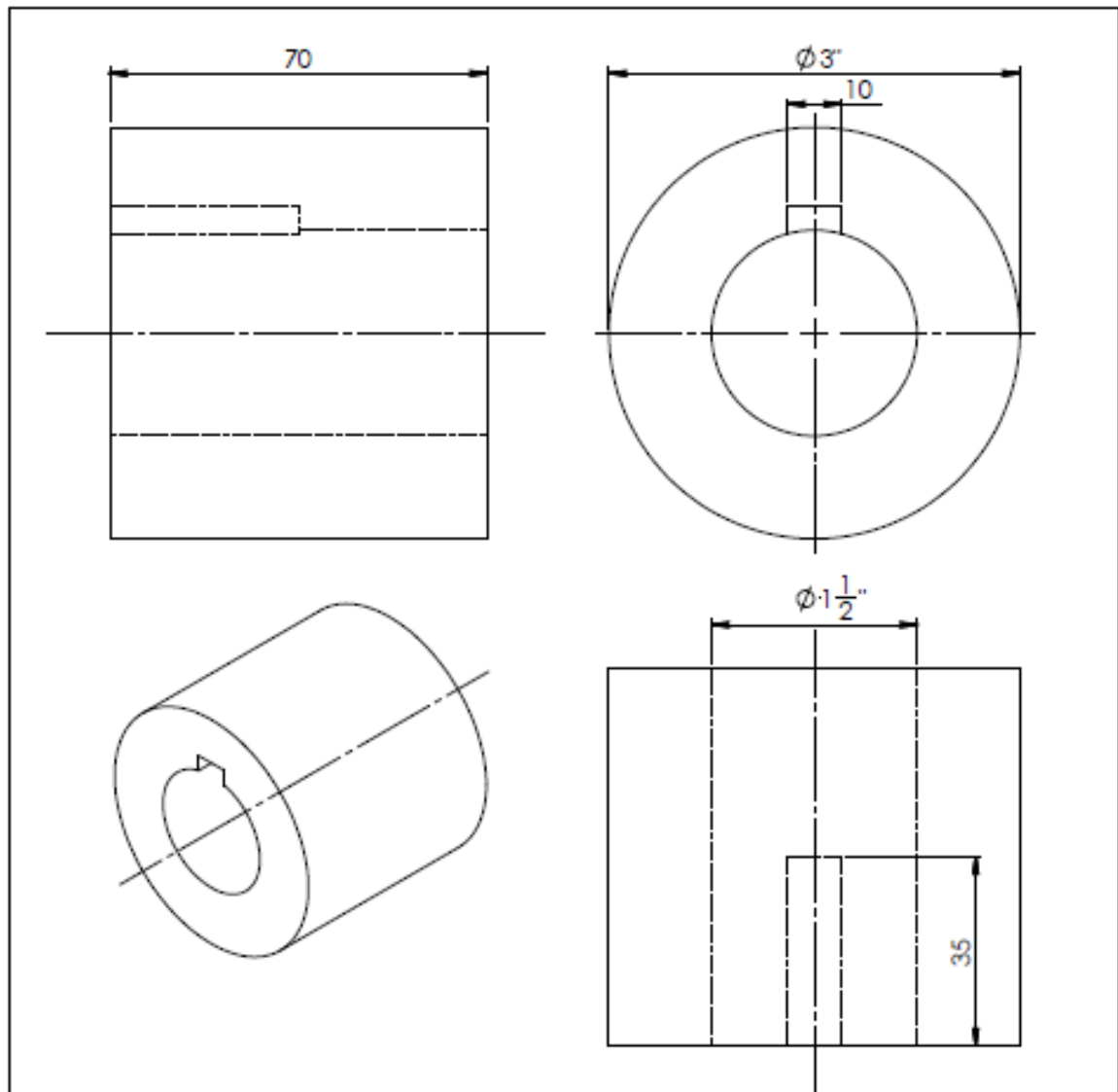




Lamina 1/4"			mm	
Materia	Nº Pieza	Designación y observaciones	Norma	Materiales medidas
		Fecha: _____ Nombre: _____	Firma: _____	
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comecho Villamil</b>	JH/ale	
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>	ru	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>		
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>				
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>				
Conjunto:	MOLINO DE BOLAS			Escala: 1:2.5
Subconjunto:	SOPORTE			
Título:	SOPORTE DE MOTORREDUCTOR			Conjunto N° 1.3 Plano N° 1.3.4



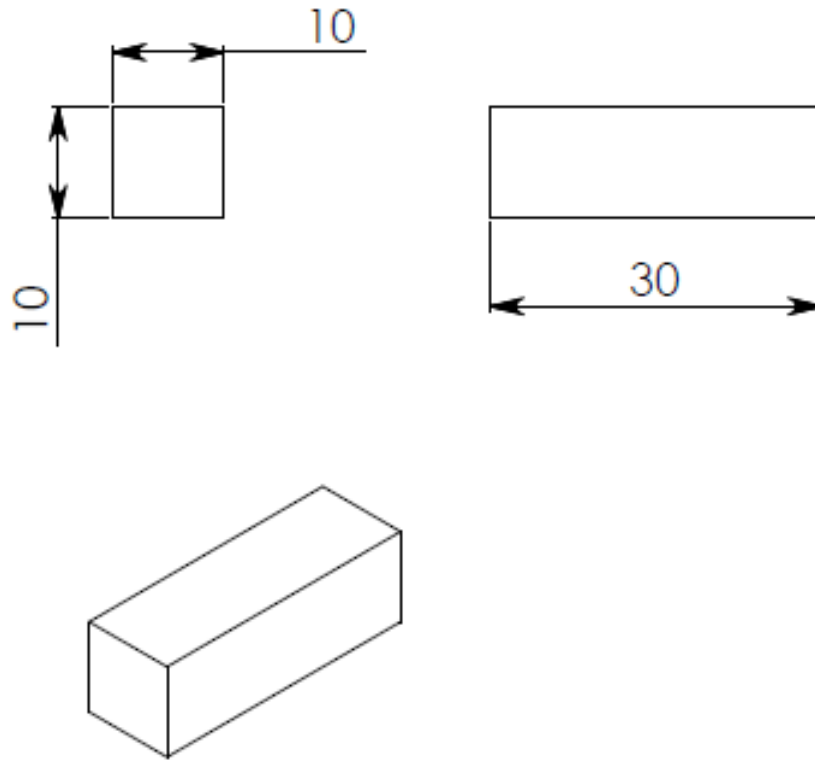
Lamina de 1/4"				mm	
Planos	N°Pieza	Designación y observaciones		Norma	Materiales medidas
		Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado:		07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Camecho Villamil</b>	<i>JDC/kr</i>	
Dibujado:		07/09/10	<b>Ronald Arnavi Molano Ariza</b>	<i>RA</i>	
Comprobado:		07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>		
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto:	MOLINO DE BOLAS				Escala: 1:1
Subconjunto:	SOPORTE				
Título:	PIE DE AMIGO				
				Conjunto N°	1.3
				Plano N°	1.3.2






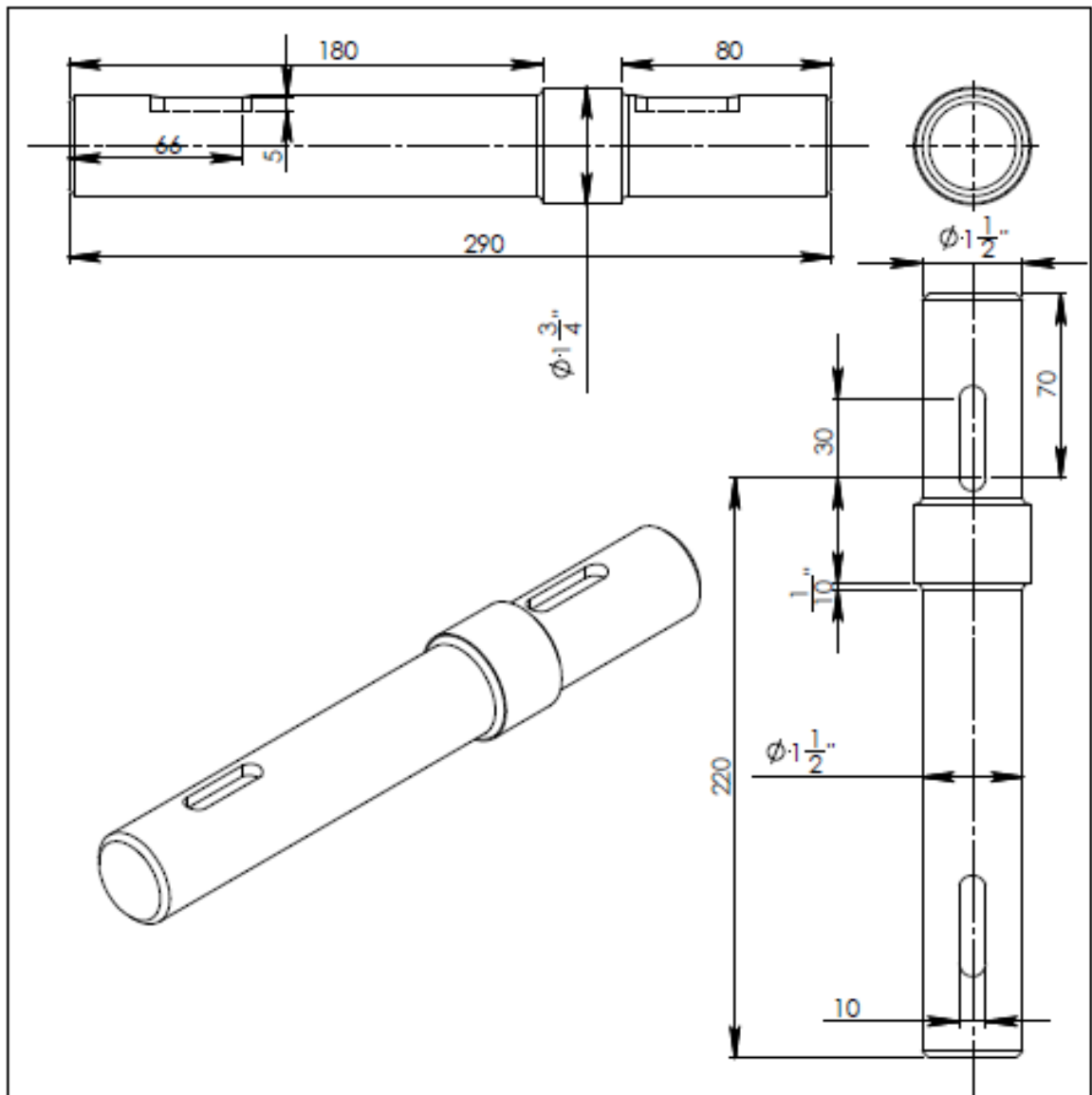




Hacer			Designación y observaciones		Norma	A-36 mm	
N° Pieza						Referencias medidas	
			Fecha	Nombre	Firma		
Dibujado:			07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Camecho Villamil</b>	<i>Jhoffer</i>		
Dibujado:			07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>	<i>Ronald</i>		
Comprobado:			07/09/10	<b>Isnardo González Jimes</b>			
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>							
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>							
Conjunto:			MOLINO DE BOLAS				
Subconjunto:			TRANSMISION DE POTENCIA				
Titulo:			BUJE DE POTENCIA				
						Escala: 1:1.5	
						Conjunto N° 1.2	
						Plano N° 1.2.3	

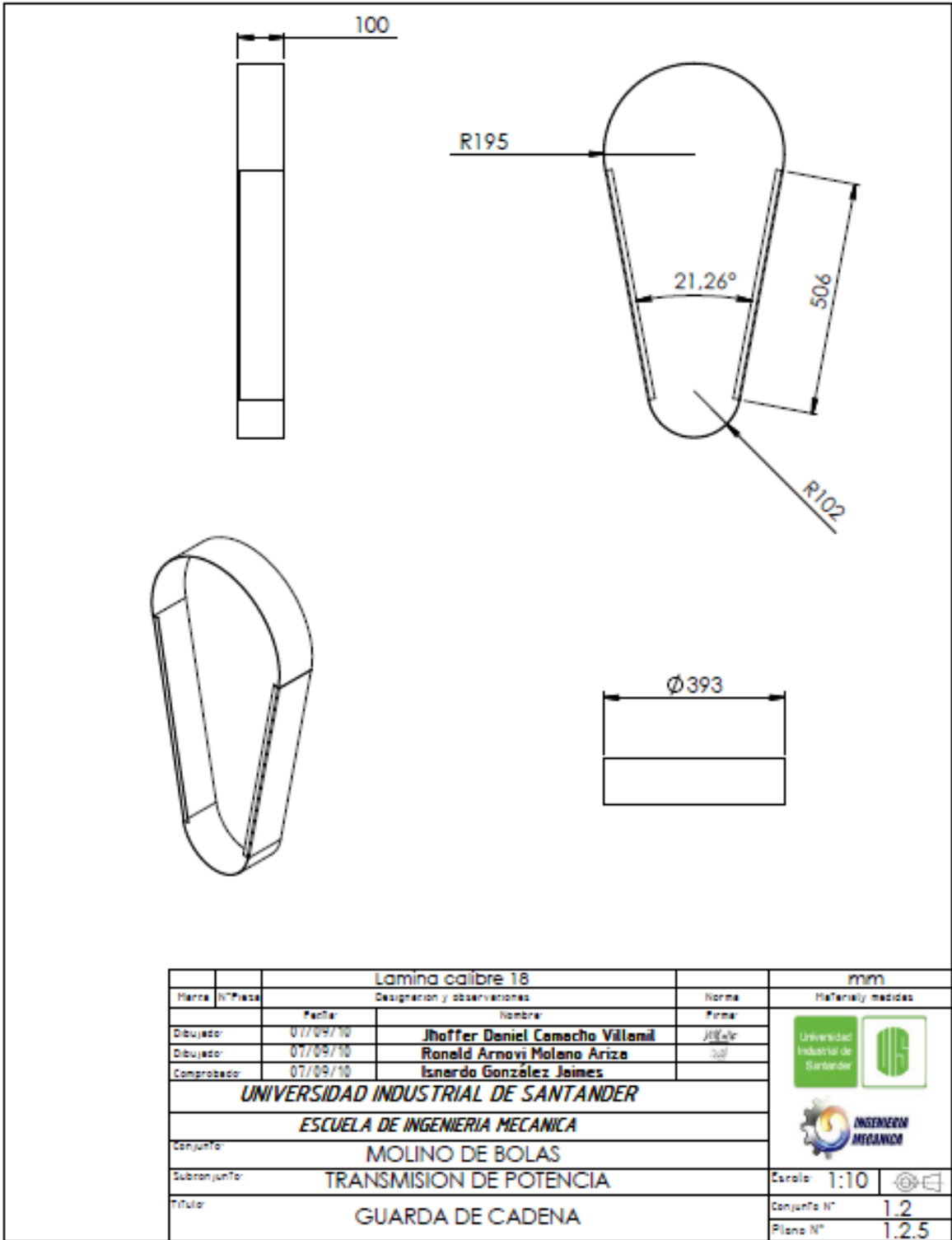


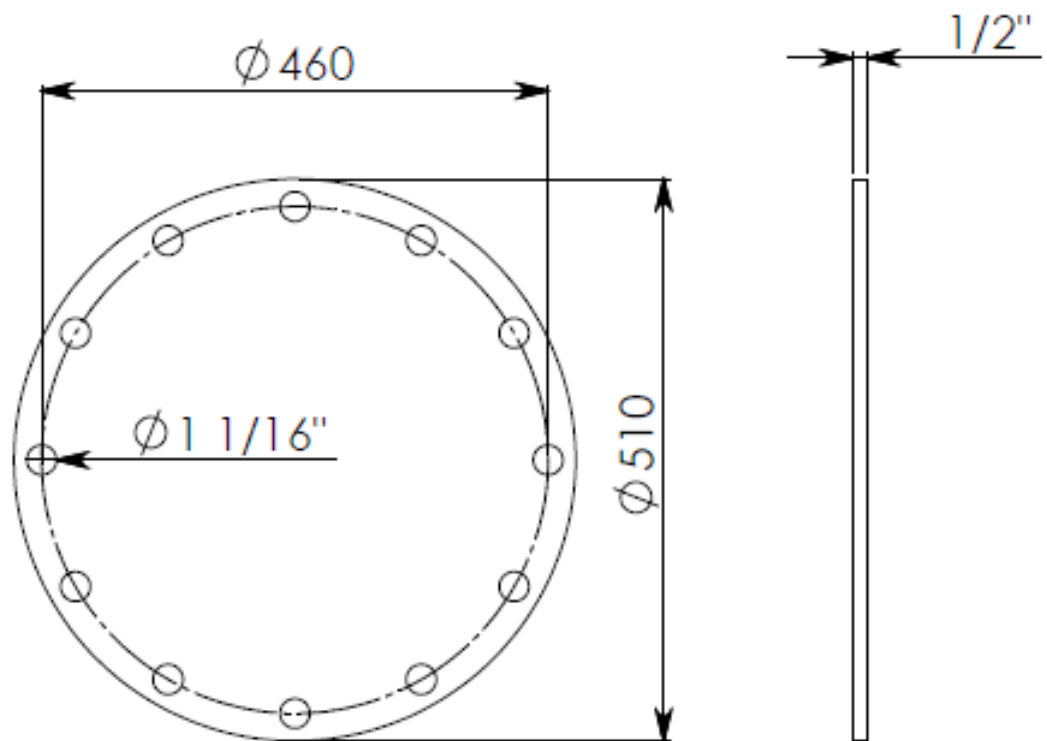


2 CUÑAS IGUALES				AISI 1020 mm
Placa	Nº Pieza	Designación y observaciones		Norma
		Fecha	Nombre	Forma
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Cerocho Villamil</b>		JH/le
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>		ad
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaines</b>		
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>				 
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>				
Conjunto: <b>MOLINO DE BOLAS</b>				
Subconjunto: <b>TRANSMISION DE POTENCIA</b>				Escala: <b>2:1</b> 
Titulo: <b>CUÑA</b>				Conjunto N° <b>1.2</b>
				Plano N° <b>1.2.2</b>

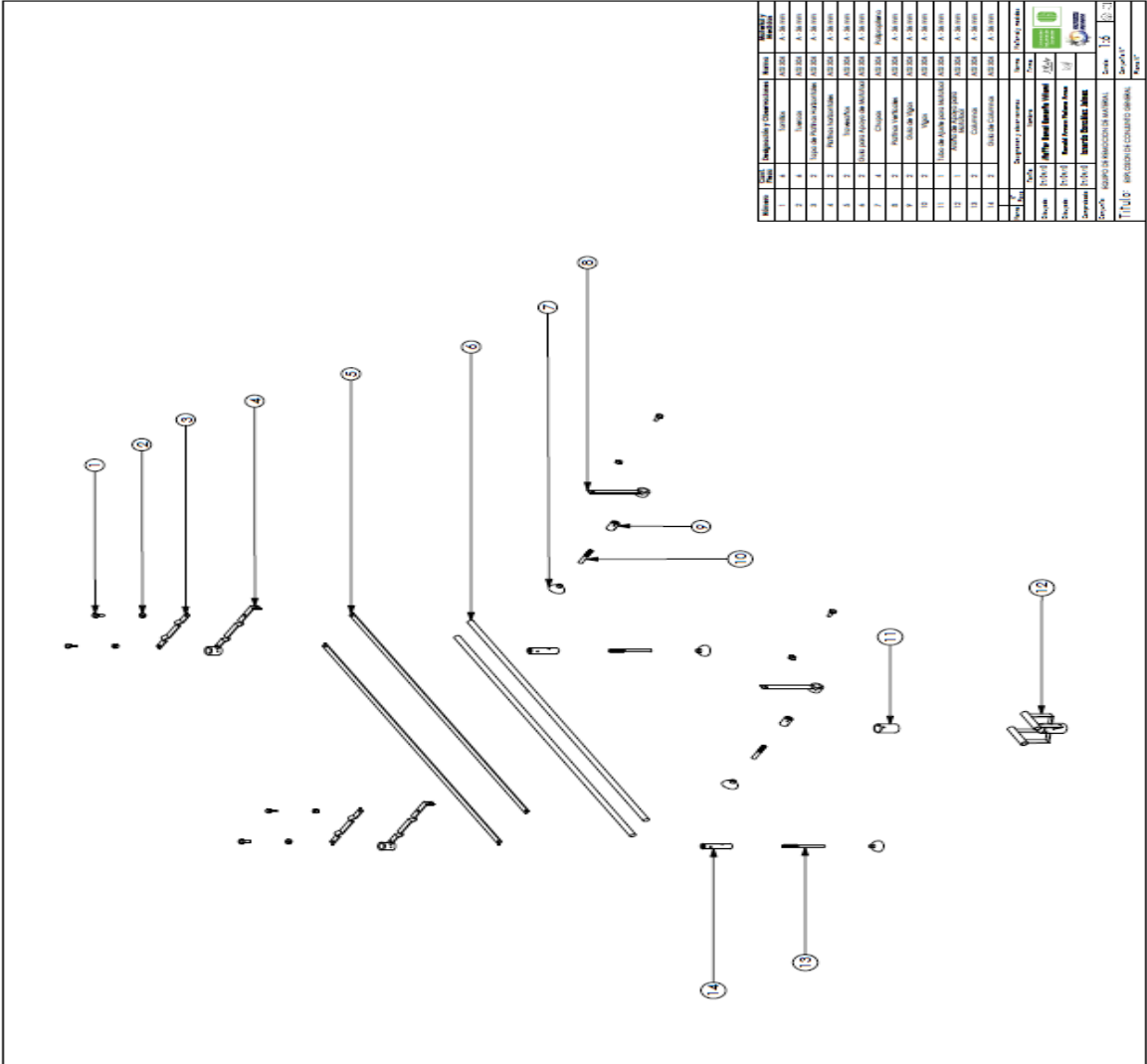


Designation and observations				Norma	AISI T040 mm
Marca	Nº Pieza	Fecha	Nombre	Fecha	Referencia medidas
		07/09/10	Jhoffer Daniel Comacho Villamil		 
		07/09/10	Ronald Arnovi Molano Ariza		
		07/09/10	Isnerdo González Jaimes		
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto: MOLINO DE BOLAS					
Subconjunto: TRANSMISION DE POTENCIA					Escala: 1:2
Titulo: EJE DE POTENCIA					Conjunto N° 1.2
					Plano N° 1.2.1

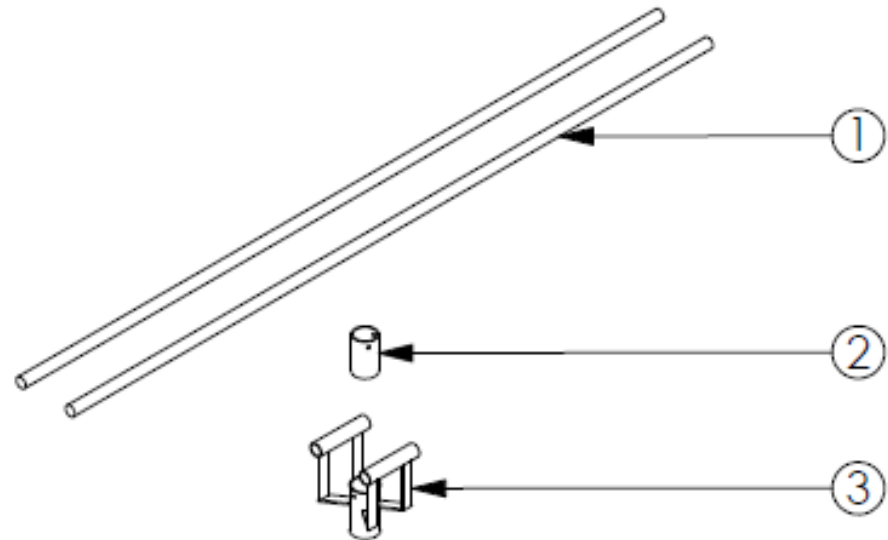




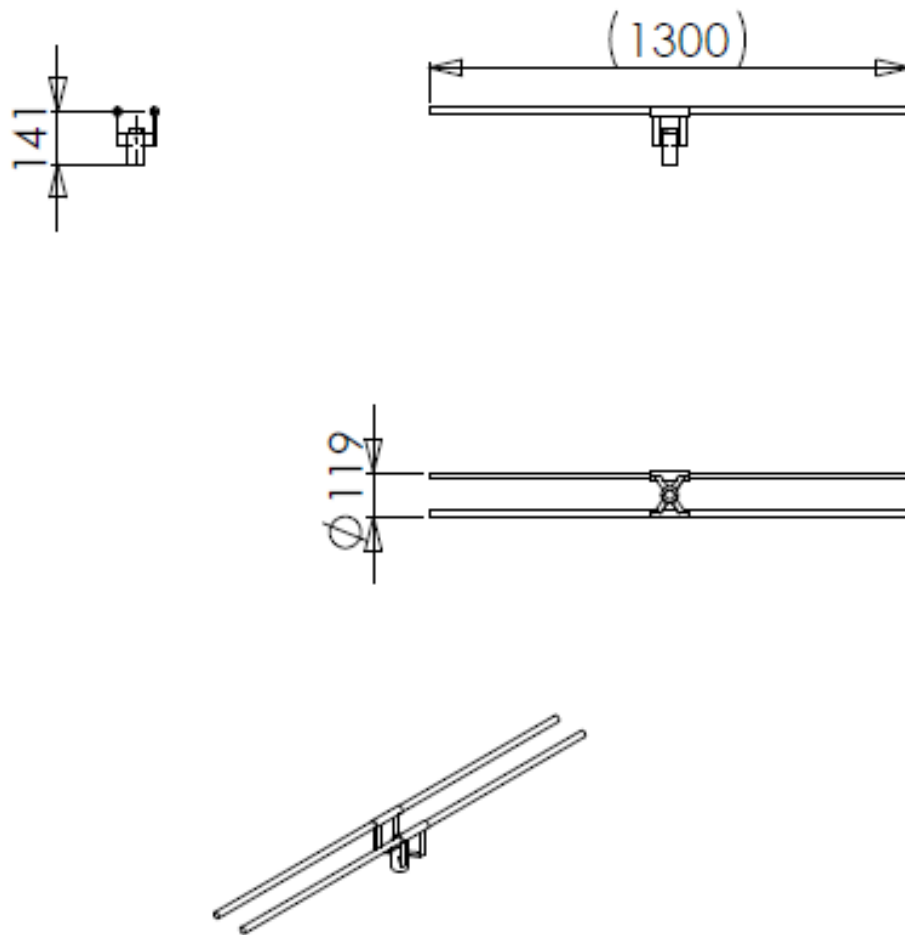
Pieza		Designación y observaciones		Norma	A-36 mm
Materia	N° Pieza	Fecha	Nombre	Fecha	Materiales medidas
		07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Cerocho Villamil</b>	JH/ale	
		07/09/10	<b>Ronald Arroyo Molano Ariza</b>	all	
		07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>		
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto		MOLINO DE BOLAS			
Subconjunto		TRANSMISION DE POTENCIA			
Título		TAPA BRIDA			
					Escala: 1:5
					Conjunto N° 1.2
					Plano N° 1.2.4





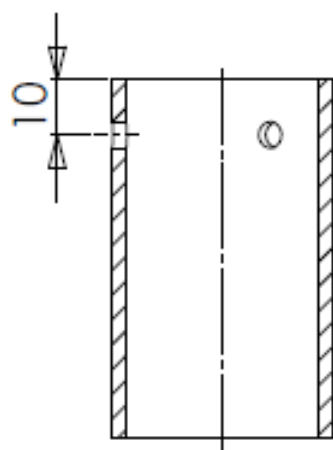
Orden	Cant.	Designación / Componentes	Nota	Material
1	1	1		2024
2	4	2		2024
3	2	3		2024
4	2	4		2024
5	2	5		2024
6	2	6		2024
7	4	7		2024
8	2	8		2024
9	2	9		2024
10	2	10		2024
11	1	11		2024
12	1	12		2024
13	2	13		2024
14	2	14		2024
15	2	15		2024
16	2	16		2024
17	2	17		2024
18	2	18		2024
19	2	19		2024
20	2	20		2024
21	2	21		2024
22	2	22		2024
23	2	23		2024
24	2	24		2024
25	2	25		2024
26	2	26		2024
27	2	27		2024
28	2	28		2024
29	2	29		2024
30	2	30		2024
31	2	31		2024
32	2	32		2024
33	2	33		2024
34	2	34		2024
35	2	35		2024
36	2	36		2024
37	2	37		2024
38	2	38		2024
39	2	39		2024
40	2	40		2024
41	2	41		2024
42	2	42		2024
43	2	43		2024
44	2	44		2024
45	2	45		2024
46	2	46		2024
47	2	47		2024
48	2	48		2024
49	2	49		2024
50	2	50		2024
51	2	51		2024
52	2	52		2024
53	2	53		2024
54	2	54		2024
55	2	55		2024
56	2	56		2024
57	2	57		2024
58	2	58		2024
59	2	59		2024
60	2	60		2024
61	2	61		2024
62	2	62		2024
63	2	63		2024
64	2	64		2024
65	2	65		2024
66	2	66		2024
67	2	67		2024
68	2	68		2024
69	2	69		2024
70	2	70		2024
71	2	71		2024
72	2	72		2024
73	2	73		2024
74	2	74		2024
75	2	75		2024
76	2	76		2024
77	2	77		2024
78	2	78		2024
79	2	79		2024
80	2	80		2024
81	2	81		2024
82	2	82		2024
83	2	83		2024
84	2	84		2024
85	2	85		2024
86	2	86		2024
87	2	87		2024
88	2	88		2024
89	2	89		2024
90	2	90		2024
91	2	91		2024
92	2	92		2024
93	2	93		2024
94	2	94		2024
95	2	95		2024
96	2	96		2024
97	2	97		2024
98	2	98		2024
99	2	99		2024
100	2	100		2024



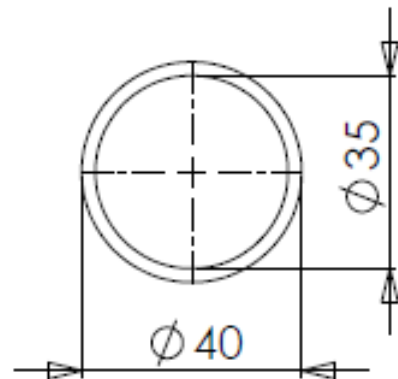
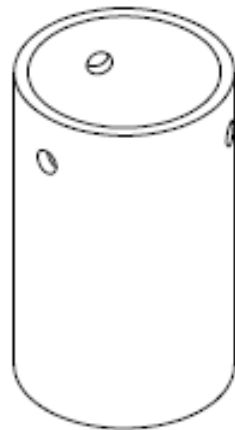
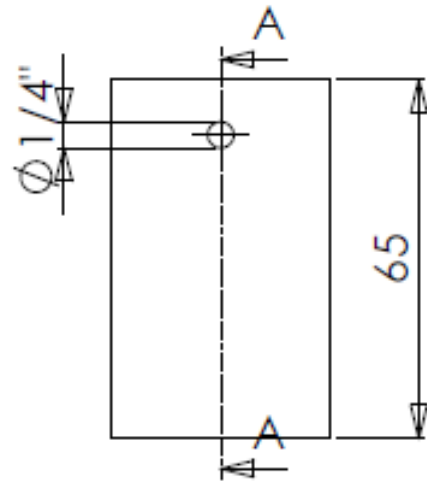
Número	Cant. Pieza	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
1	2	Guia Soporte Mototool	AISI 304	A - 36 mm
2	1	Ajuste Mototool	AISI 304	A - 36 mm
3	1	Soporte Mototool	AISI 304	A - 36 mm
Herrn	Nº Pieza	Designación y observaciones	Norma	Material y medidas
	Fecha:	Nombre:	Firma:	
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Camacho Villamil</b>	Jhoffer	
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>	Ronald	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>	Isnerdo	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>				
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>				
Conjunto:	EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL			
Subconjunto:	SOPORTE PARA MOTOTOOL			
Título:	EXPLOSION SOPORTE PARA MOTOTOOL			
				Escala: 1:8
				Conjunto N° 2
				Plano N°





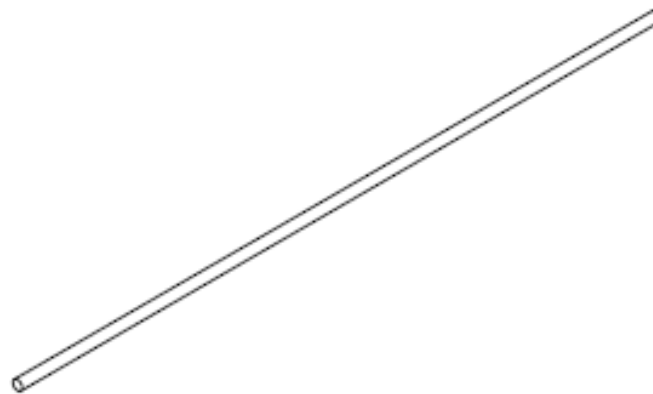
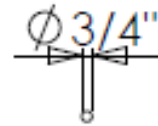
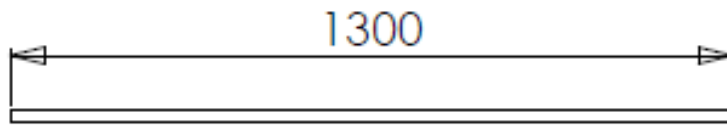
Marca	Nº Piezas	Designación y observaciones		Norma	A-36 mm
		Fecha:	Nombre:	Firma:	Material y medidas
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comacho Villamil</b>		<i>[Firma]</i>	
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>		<i>[Firma]</i>	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jimes</b>		<i>[Firma]</i>	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto:					
EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL					
Subconjunto:					Escala: 1:15
Título:					Conjunto N° 2
CONJUNTO APOYO PARA MOTOTOOL					Plano N°





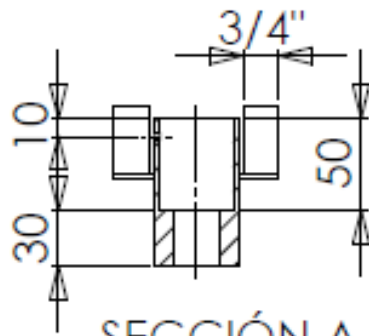
SECCIÓN A-A



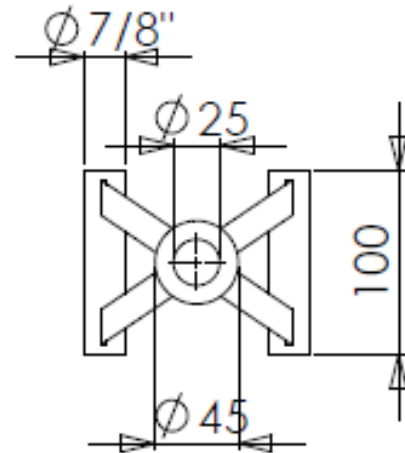
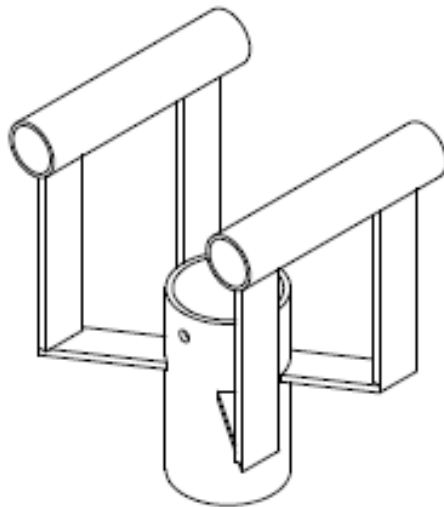
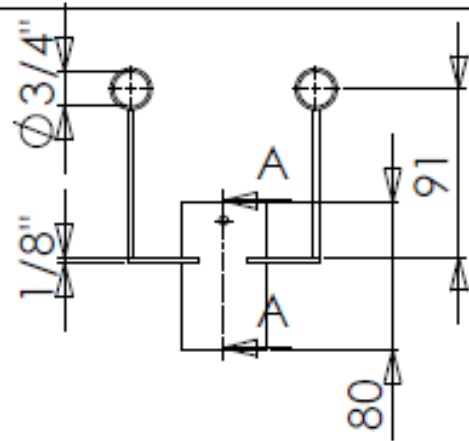
Marca / N° Pieza			Designación y observaciones	Norma	A-36 mm
Fecha:		Nombre:		Firma:	Material y medidas
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comecho Villamil</b>		<i>Jhoffer</i>	 
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnevi Molano Ariza</b>		<i>ra</i>	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jimes</b>			
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto:	EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL				Escala 1:1
Subconjunto:	APOYO PARA MOTOTOOL				
Título:	TUBO DE AJUSTE PARA MOTOTOOL				Conjunto N° 2
					Piano N° 2.3



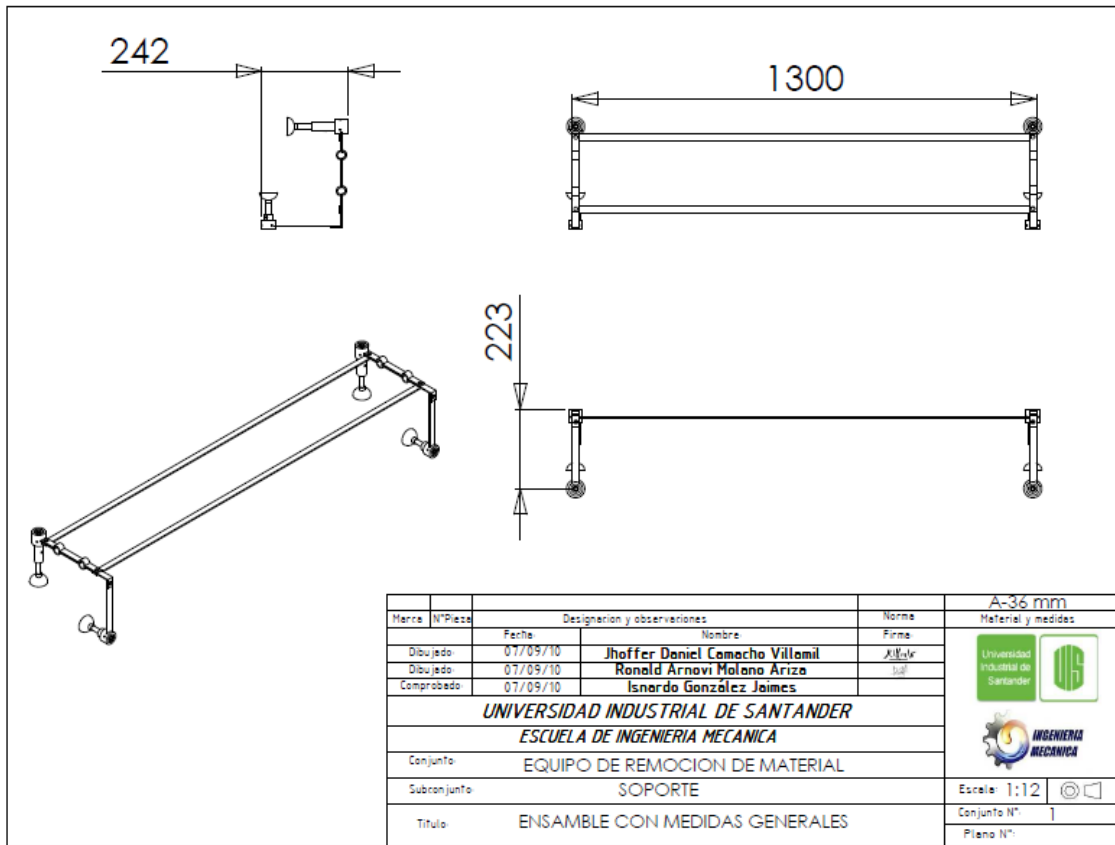
					<b>A-36 mm</b>
Marca	N° Pieza	Designación y observaciones		Norma	Materiales y medidas
	Fecha	Nombre		Firma	
Dibujado:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comecho Villamil</b>		<i>Jhoffer</i>	
Dibujado:	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>		<i>RA</i>	
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnardo González Jaimes</b>		<i>IG</i>	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto:					
EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL					
Subconjunto:					
APOYO PARA MOTOTOOL					Escala 1:8
Título:					Conjunto N° 2
GUIAS PARA APOYO DE MOTOTOOL					Plano N° 2.1

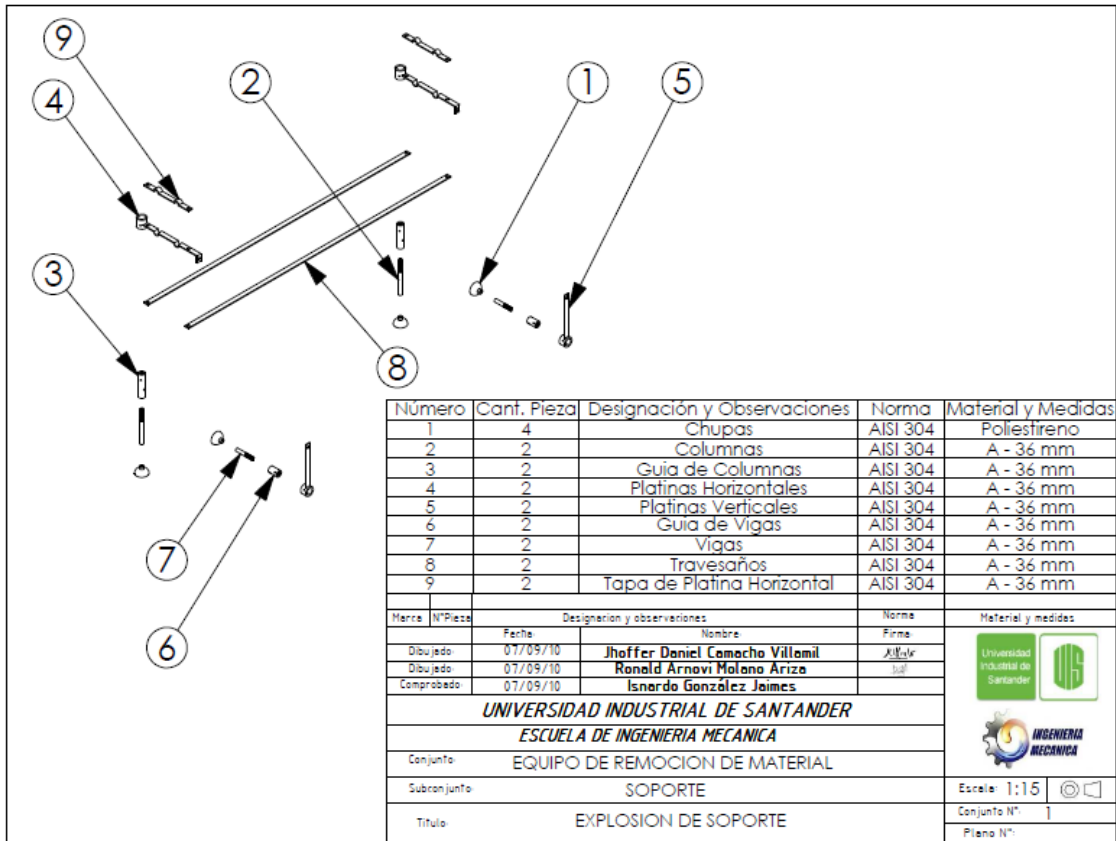


SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 3

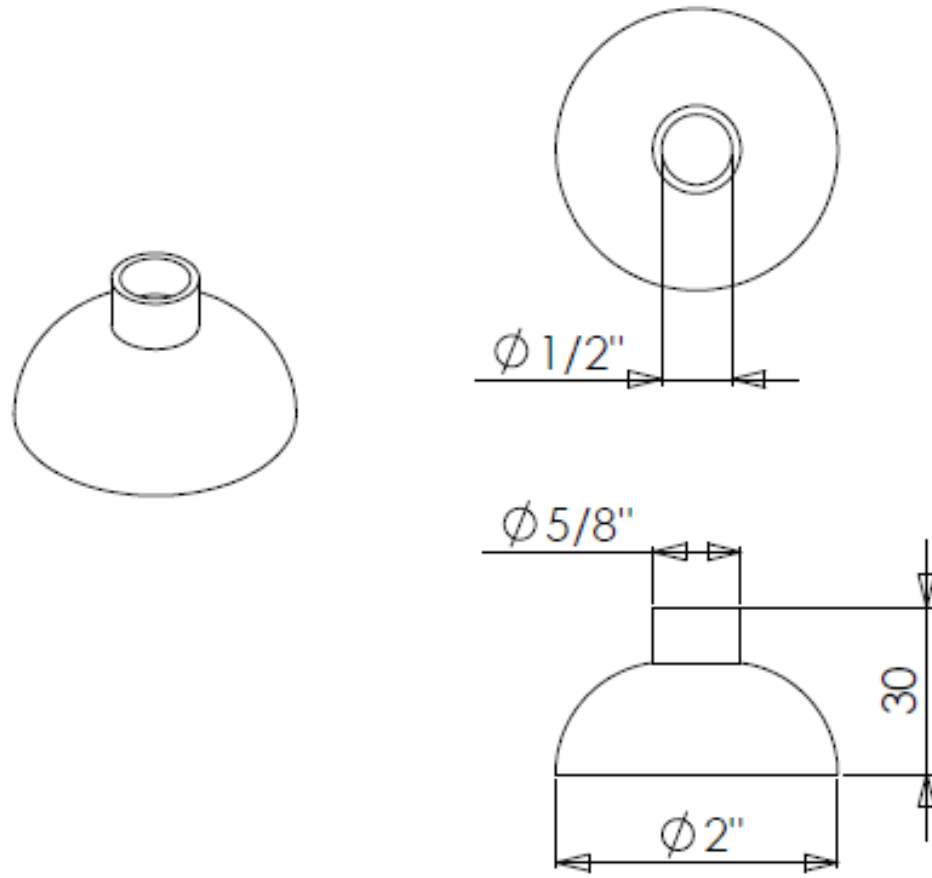






A-36 mm			
Flecha	Nº Pieza	Designación y observaciones	Norma
	Fecha	Nombre	Firma
	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Canecho Villamil</b>	<i>Jhoffer</i>
	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>	<i>Ronald</i>
	07/09/10	<b>Isnardo González Jaimes</b>	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>			
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>			
Conjunto		EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL	
Subconjunto		APOYO PARA MOTOTOOL	
Título		ARAÑA DE APOYO PARA MOTOTOOL	
		Escala	1:3
		Conjunto N°	2
		Plano N°	2.2

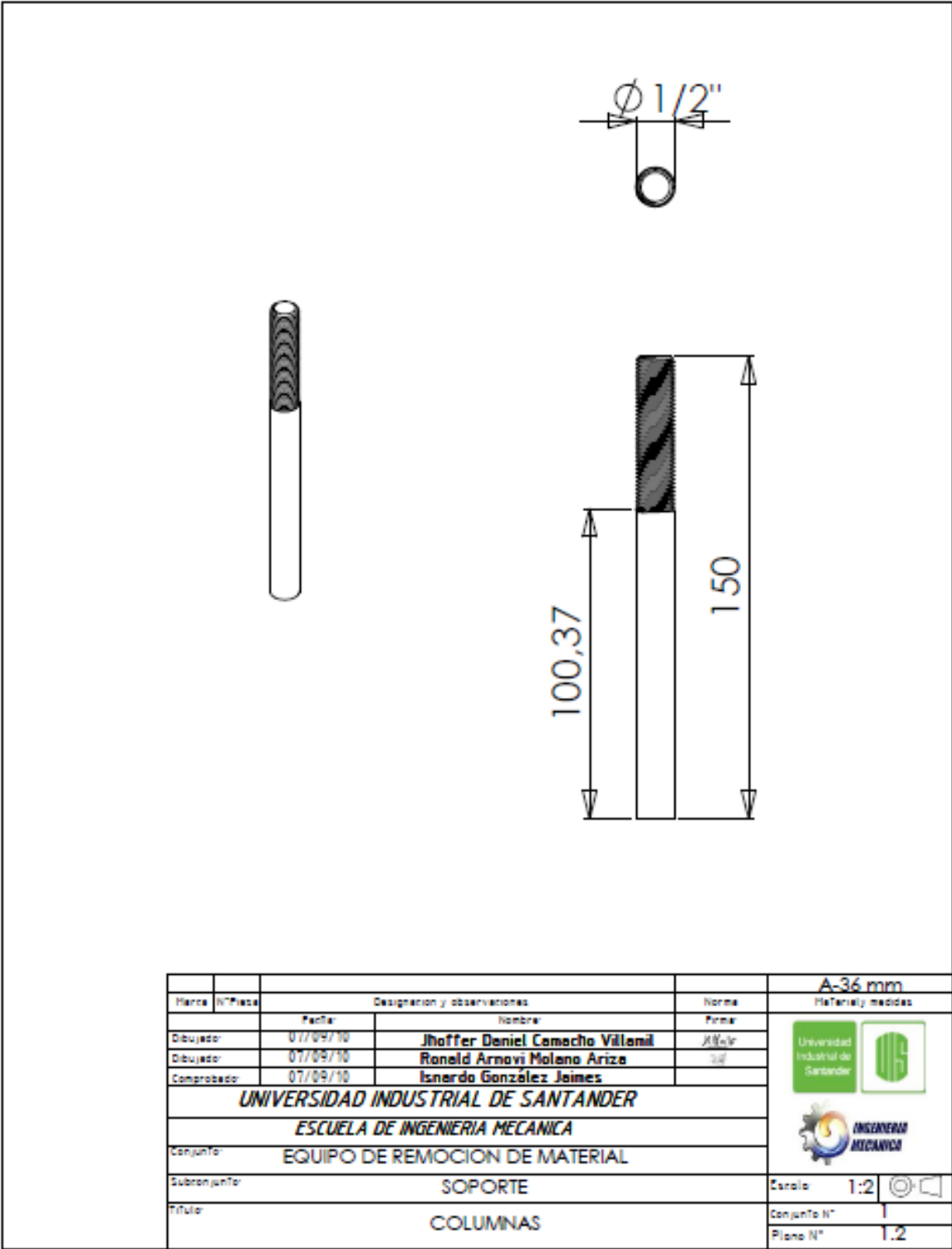


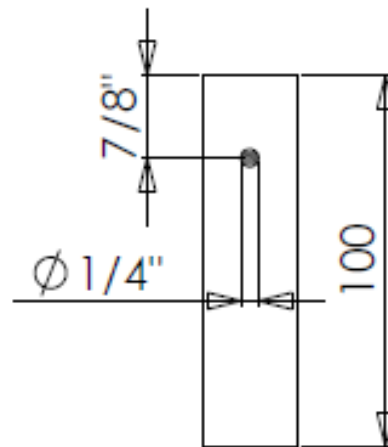
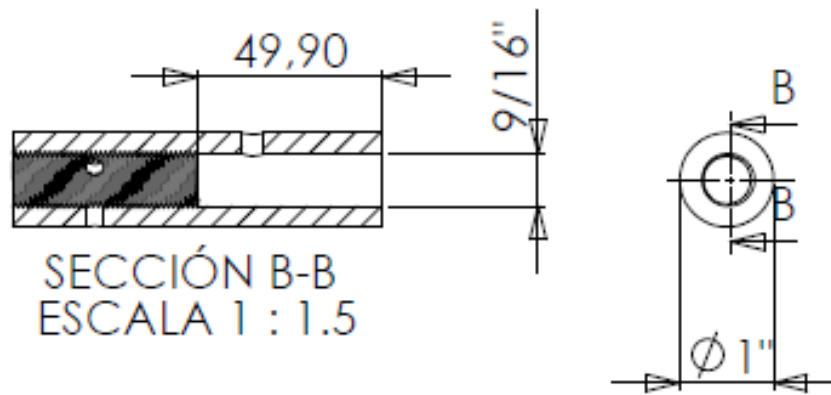




Número	Cant.	Pieza	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
1	4		Chupas	AISI 304	Poliestireno
2	2		Columnas	AISI 304	A - 36 mm
3	2		Guia de Columnas	AISI 304	A - 36 mm
4	2		Platinas Horizontales	AISI 304	A - 36 mm
5	2		Platinas Verticales	AISI 304	A - 36 mm
6	2		Guia de Vigas	AISI 304	A - 36 mm
7	2		Vigas	AISI 304	A - 36 mm
8	2		Travesaños	AISI 304	A - 36 mm
9	2		Tapa de Platina Horizontal	AISI 304	A - 36 mm
Marca	NºPieza	Designación y observaciones		Norma	Material y medidas
	Fecha	Nombre		Firma	
Dibujado	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Camacho Villamil</b>		<i>Jhoffer</i>	
Dibujado	07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Arizo</b>		<i>Ronald</i>	
Comprobado	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>		<i>Isnerdo</i>	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto	EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL				
Subconjunto	SOPORTE				
Titulo					EXPLOSION DE SOPORTE
					Escala: 1:15
					Conjunto N°: 1
					Plano N°:

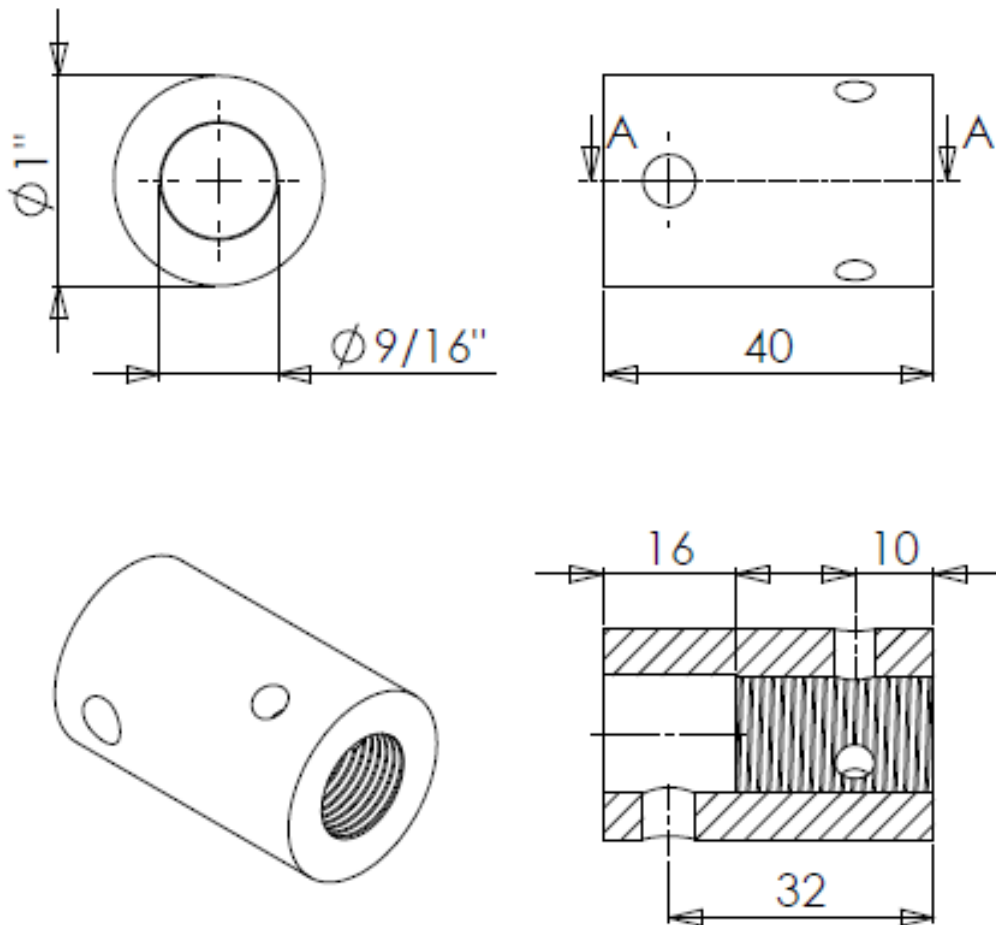


Materia	Nº Pieza	Designación y observaciones		Norma	Materiales y medidas	
		Fecha	Nombre	Firma		
Dibujado:		07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comacho Villamil</b>	<i>Jhoffer</i>		
Dibujado:		07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>	<i>RA</i>		
Comprobado:		07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>			
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>						
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>						
Conjunto:	EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL					Escala 1:1  
Subconjunto:	SOPORTE					
Título:	CHUPAS					
					Conjunto N°	1
					Plano N°	1.1





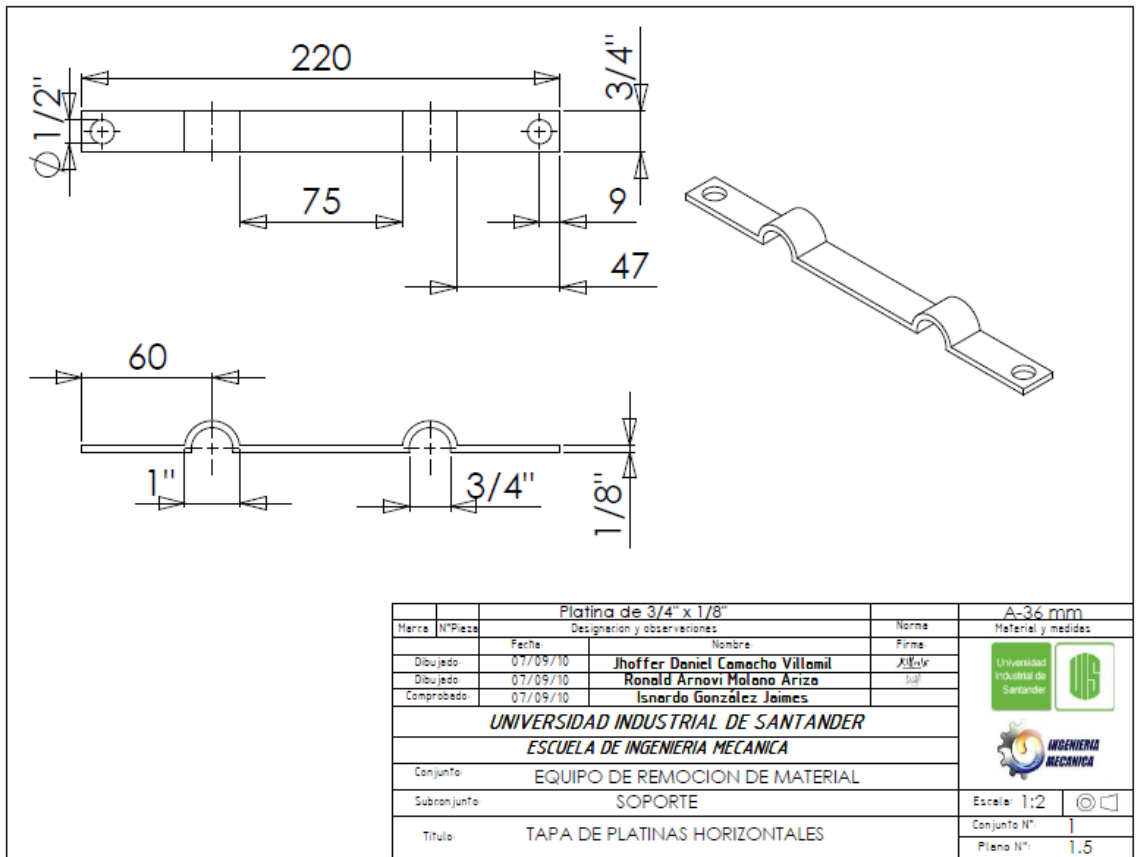


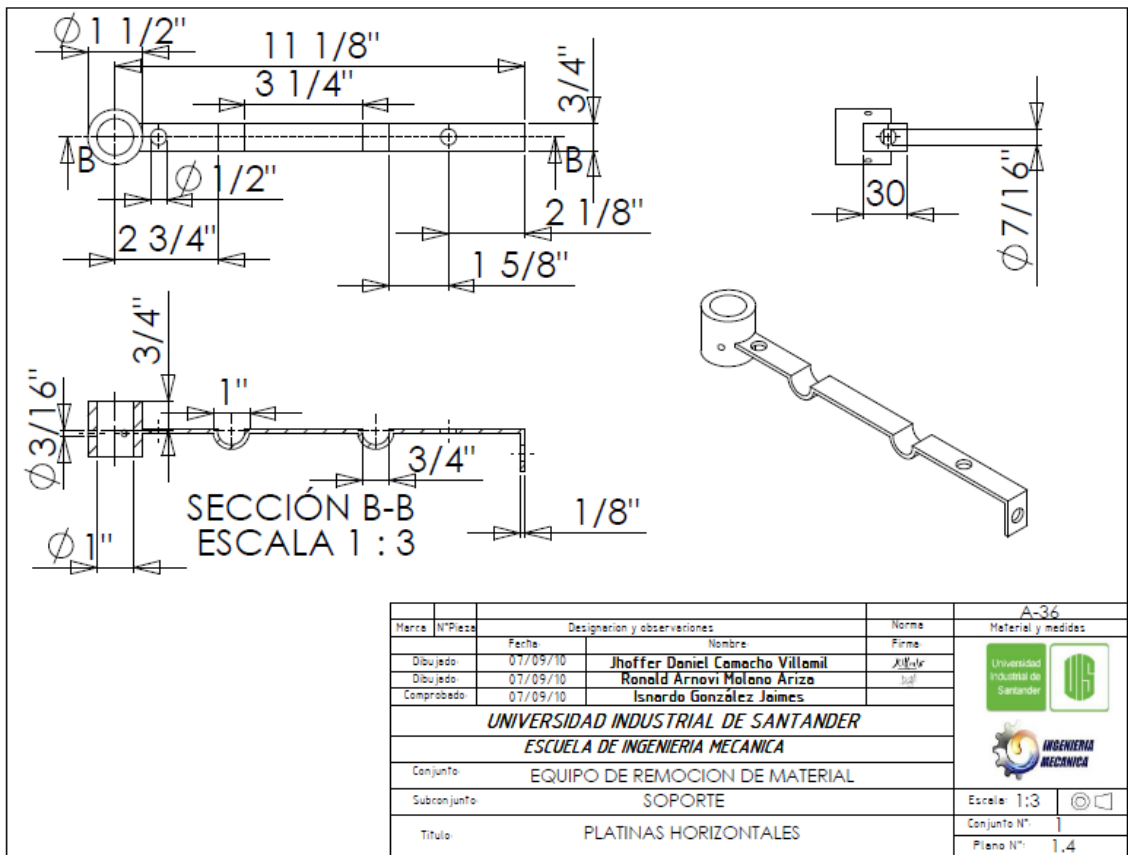
Marca		Designación y observaciones		Norma	A-36 mm
N° Pieza					Materiales y medidas
		Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado:		07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Camecho Vélamit</b>	<i>Jhoffer</i>	
Dibujado:		07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>	<i>RA</i>	
Comprobado:		07/09/10	<b>Isnardo González Jaimés</b>		
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto:					
EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL					
Subconjunto:					Escala 1:1.5
SOPORTE					Conjunto N° 1
Título:					Plano N° 1.3
GUIA DE COLUMNAS					



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1.5 : 1

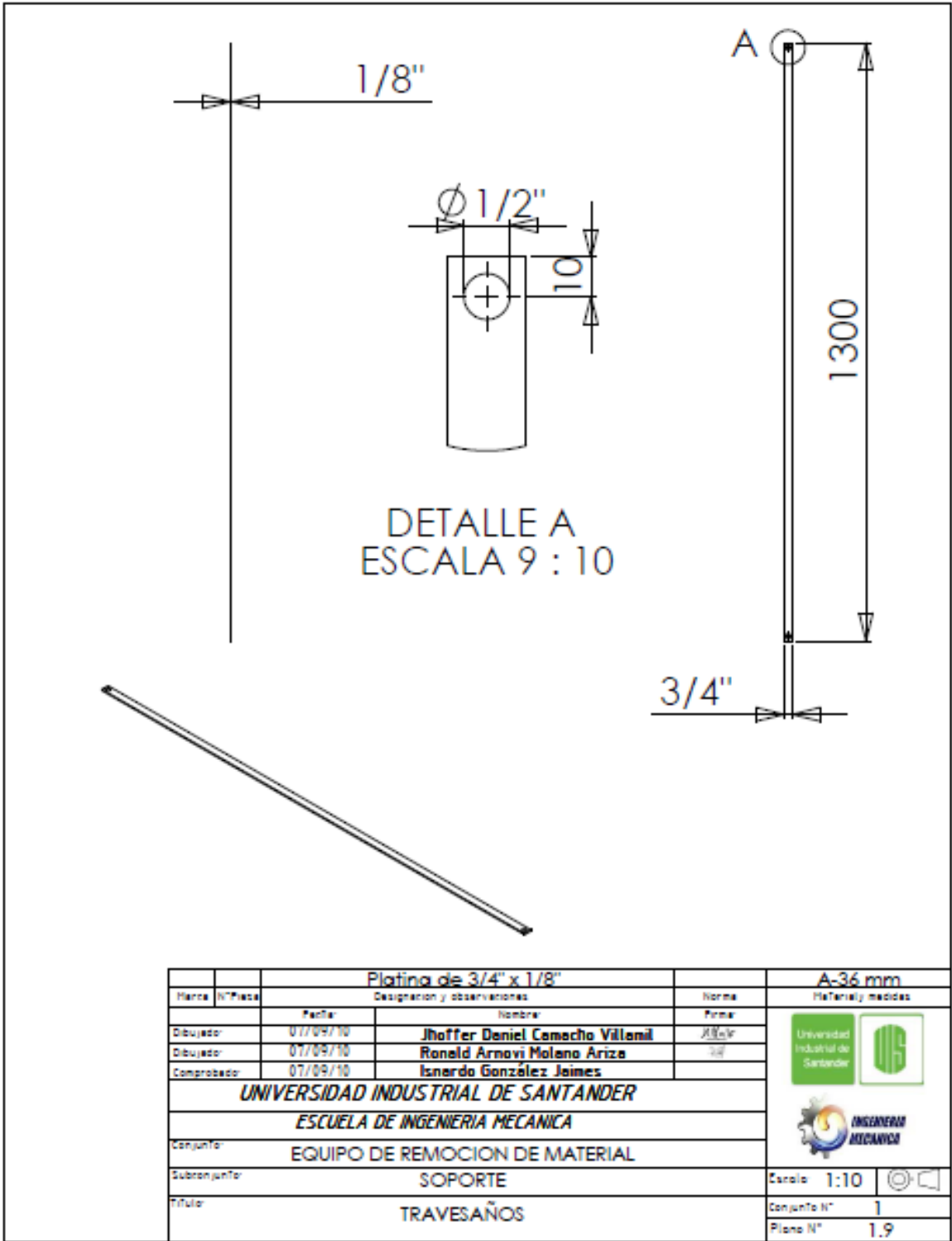
Parte	Nº Parte	Designación y observaciones		Norma	A-36 mm
		Fecha	Nombre	Primo	Materiales medidos
Dibujador		07/09/10	Jhoffer Daniel Comacho Villamil	JR/le	 
Dibujador		07/09/10	Ronald Arnovi Molano Ariza	RA	
Comprobado		07/09/10	Isnerdo González Joimes		
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto	EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL				Escala 1.5:1
Subconjunto	SOPORTE				
Título	GUIAS DE VIGAS				Conjunto N°
					Piano N° 1.7

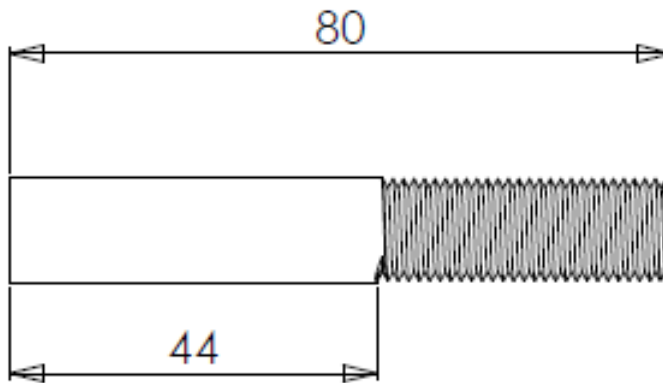
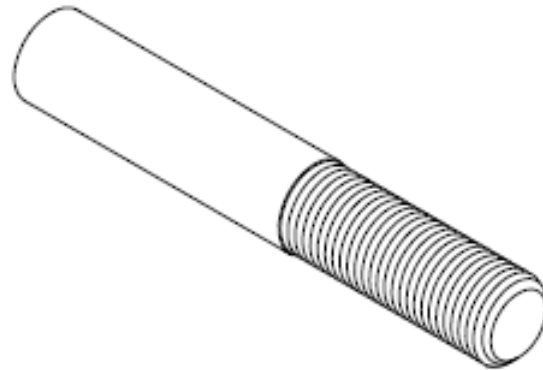








Marca	Nº Pieza	Designación y observaciones		Norma	A-36
		Fecha	Nombre	Firma	Material y medidas
Dibujado		07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Comecho Villemil</b>	<i>Jhoffer</i>	
Dibujado		07/09/10	<b>Ronald Arnovi Molano Ariza</b>	<i>Ronald</i>	
Comprobado		07/09/10	<b>Isnardo González Jaimes</b>	<i>Isnardo</i>	
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>					
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>					
Conjunto					EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL
Subconjunto					SOPORTE
Escala:					1:3
Conjunto N°:					
Titulo					PLATINAS HORIZONTALES
Plano N°:					1.4







Hoja		N° Hoja		Designación y observaciones		Norma	A-36 mm	
Fecha		Nombre		Firma		Material y medidas		
Dibujador:	07/09/10	<b>Jhoffer Daniel Cedeño Villamil</b>		[Firma]		 		
Dibujador:	07/09/10	<b>Ronald Arnavi Molano Ariza</b>		[Firma]				
Comprobado:	07/09/10	<b>Isnerdo González Jaimes</b>		[Firma]				
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>								
<b>ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA</b>								
Conjunto:		EQUIPO DE REMOCION DE MATERIAL						
Subconjunto:		SOPORTE					Escala 1.5:1 	
Titulo:		VIGAS					Conjunto N° 1	
							Plano N° 1.8	